Phys. g.
627
h

Ac
12

Phys. g. 627 h

Supplemente

zur

Zweiten Auflage

von

Müller-Pouillet's

Lehrbuch

der

Physik und Meteorologie.

Kön. Baier. Ministerial Haupt u. Forst-Buchhaltung

1897

K. B. Ministerialforstbureau

Bayer. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten Ministerialforstabteilung Bücherei

Supplemente

zur

Zweiten Auflage

von

Müller-Pouillet's

Lehrbuch

der

Physik und Meteorologie.

Von

Dr. Joh. Müller,

Professor der Physik und Technologie an der Universität zu Freiburg
im Breisgau.

Bayer. Staatsministerium
f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten
Ministerialforstabteilung
Bücherei

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1848.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Bayer. Staatsministerium
f. Ernä[illegible] u. Forsten
Ministerial-Forstabteilung
Bücherei

H. Auer

Vorrede.

Den beiden ersten Auflagen meines Lehrbuchs der Physik ist eine dritte rasch gefolgt. Obgleich der Zeitraum zwischen dem Erscheinen der verschiedenen Auflagen keineswegs groß ist, so erscheint doch jede folgende so bedeutend bereichert gegen die vorhergehende, daß es vielen Besitzern der früheren Auflagen wünschenswerth seyn müßte, die späteren Zusätze allein erhalten zu können. In der That wurde sowohl die Verlagshandlung als ich selbst von verschiedenen Seiten darum angegangen, zu jeder der früheren Auflagen einen Nachtrag drucken zu lassen, welcher Alles das enthält, um welches die dritte Auflage gegen die früheren bereichert ist. Wir glaubten diesem Wunsche um so eher entsprechen zu müssen, als ja gerade den Abnehmern der beiden früheren Auflagen es zu verdanken ist, daß die dritte so bald erscheinen konnte, so daß wir also durch Herausgabe dieser Nachträge gewissermaßen eine Pflicht gegen dieselben erfüllen.

Freiburg, im August 1848.

J. Müller.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Erster Band.

Vom Gleichgewicht und der Bewegung.

Bestimmung des specifischen Gewichts von Flüssigkeiten.

Mohr beschreibt in seinem »Lehrbuch der pharmaceutischen Technik,« in welchem sich, nicht allein für den Pharmaceuten, sondern auch für den arbeitenden Physiker und Chemiker sehr viel Wichtiges findet, folgende neue Methode, das specifische Gewicht von Flüssigkeiten zu bestimmen.

Man theile die eine Hälfte des Balkens einer guten Receptirwage von etwa 9½ Zoll (250^{mm}) Länge von der mittleren Schneide bis zu derjenigen, auf welcher die eine Wagschale hängt, in 10 gleiche Theile. Die Theilstriche werden an der oberen geraden Kante des Wagbalkens mit einer zarten Feile eingerissen, und von der Mitte anfangend mit den Zahlen 1 bis 9 bezeichnet, wie dies Fig. 1 (a. f. S.) angedeutet ist.

Man zieht nun eine kleine Glasröhre, wie sie Fig. 2 (auf folgd. Seite) in natürlicher Größe dargestellt ist, in eine lange Spitze aus, füllt so viel Quecksilber oder feine Schrote hinein, daß sie in einer Flüssigkeit vom specifischen Gewicht 2 noch untersinken muß, schmilzt die Spitze zu, und biegt sie zu einem Ohre um. In dieses Ohr schlingt man einen feinen Platindraht von 5 Zoll (130^{mm}) Länge, an dessen anderem Ende man ein leichtes Messingringelchen befestigt. Mit diesem Ringe wird das Senkgläschen statt der einen Wagschale am getheilten Arm der Wage angehängt, wie man Fig. 1 sieht. An dem anderen Arme der Wage hängt eine leichte Schale mit einem kleinen Döschen, in welches so viel Gegengewicht geworfen wird, daß dadurch die Senkröhre genau äquilibrirt wird.

Nachdem nun ein Champagnerglas mit destillirtem Wasser von der richtigen Temperatur untergestellt worden ist, wird ein in stumpfem Winkel gebogenes Stück Messingdraht an den Haken gehängt, an welchem

Fig. 1.

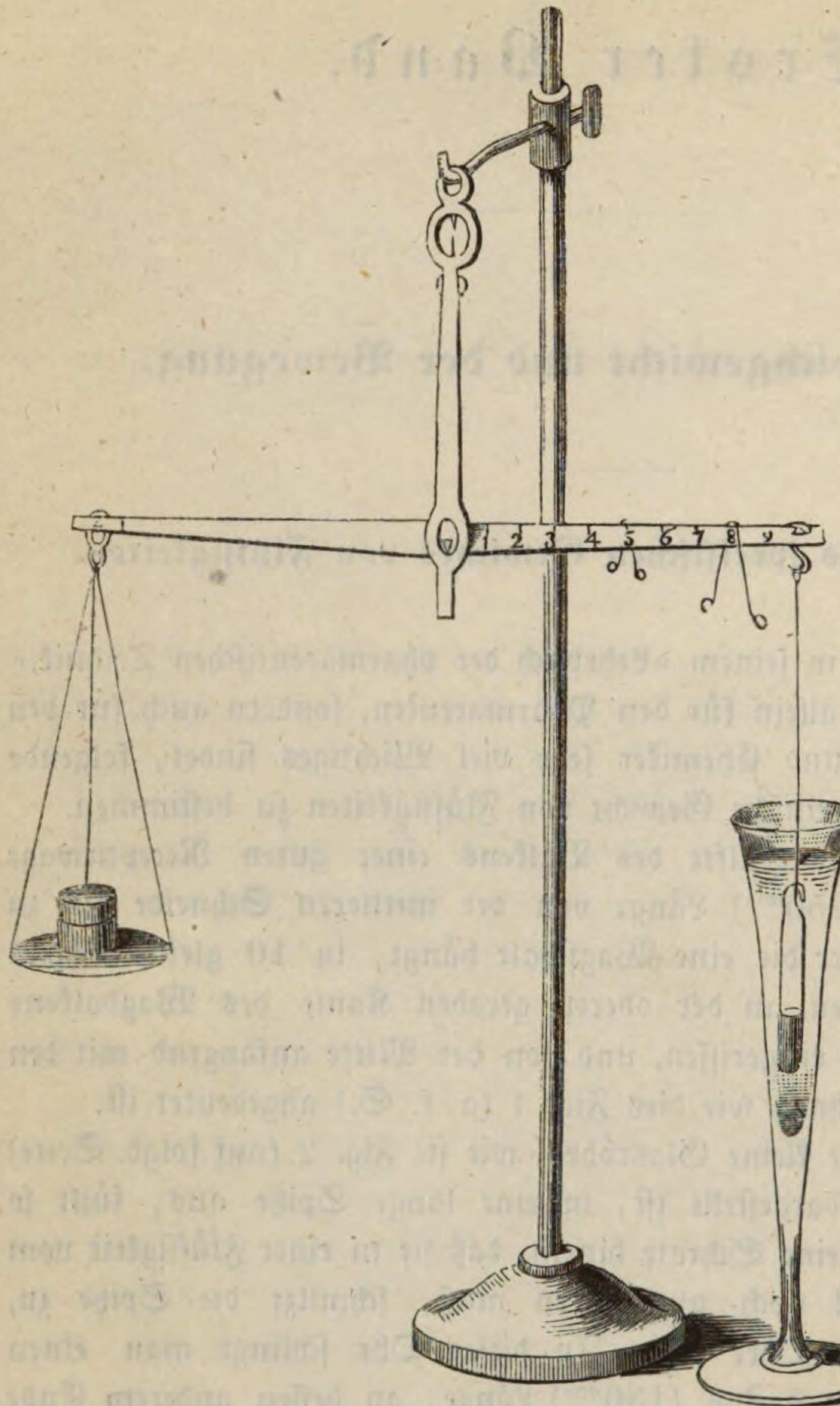
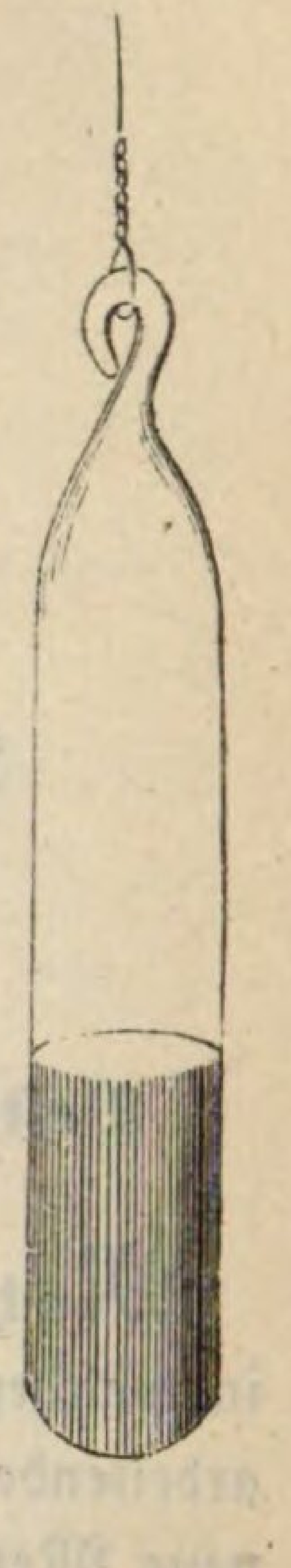


Fig. 2.

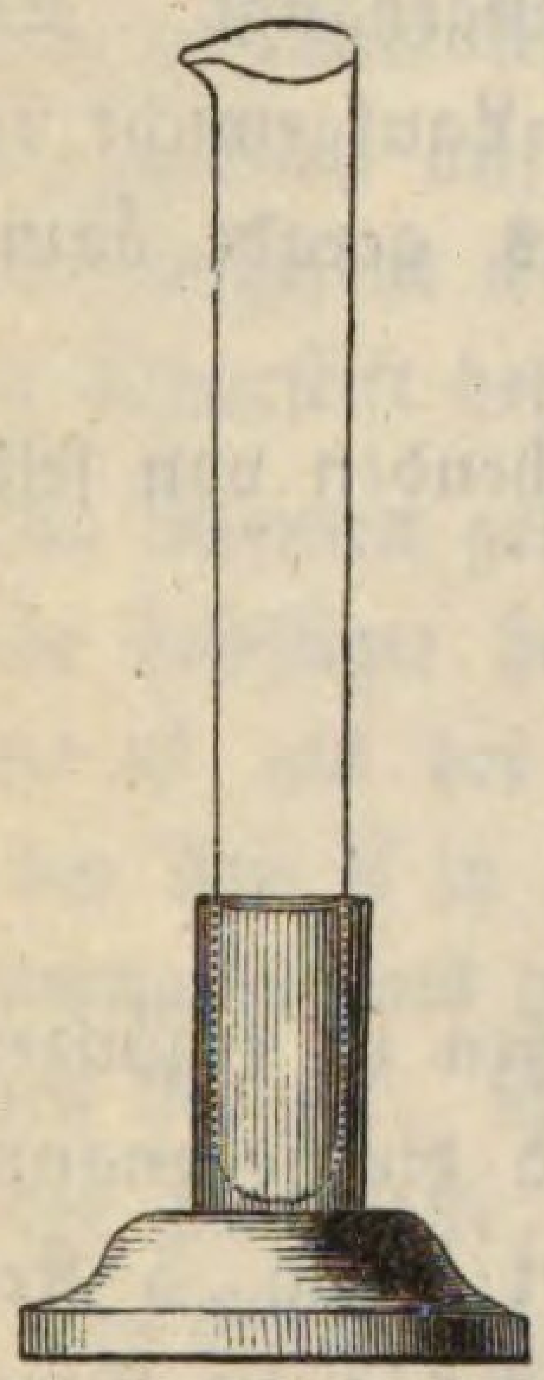


das Senkgläschen aufgehangen ist. Mit Hülfe der Kneifzange und zuletzt der Feile macht man dieses Drahtstück genau so schwer, daß das Gleichgewicht wieder hergestellt wird, welches durch das Eintauchen des Gläschens in das Wasser gestört worden war. Der genau abnormirte Messingdraht hat nun genau das Gewicht des durch das Senkgläschen verdrängten Wassers.

Der Messingdraht wird nun in einem etwas spitzeren Winkel als vorher gebogen, und oben in seinem Buge mit einem glatten Hammer platt und scharf geschlagen, damit er mit Schärfe in die Einschnitte des Wagebalkens einspielt. Solcher Drähte werden zwei, und alsdann noch ein dritter angefertigt, dessen Gewicht genau $1/_{10}$ von dem Gewichte eines der größern Drähte beträgt.

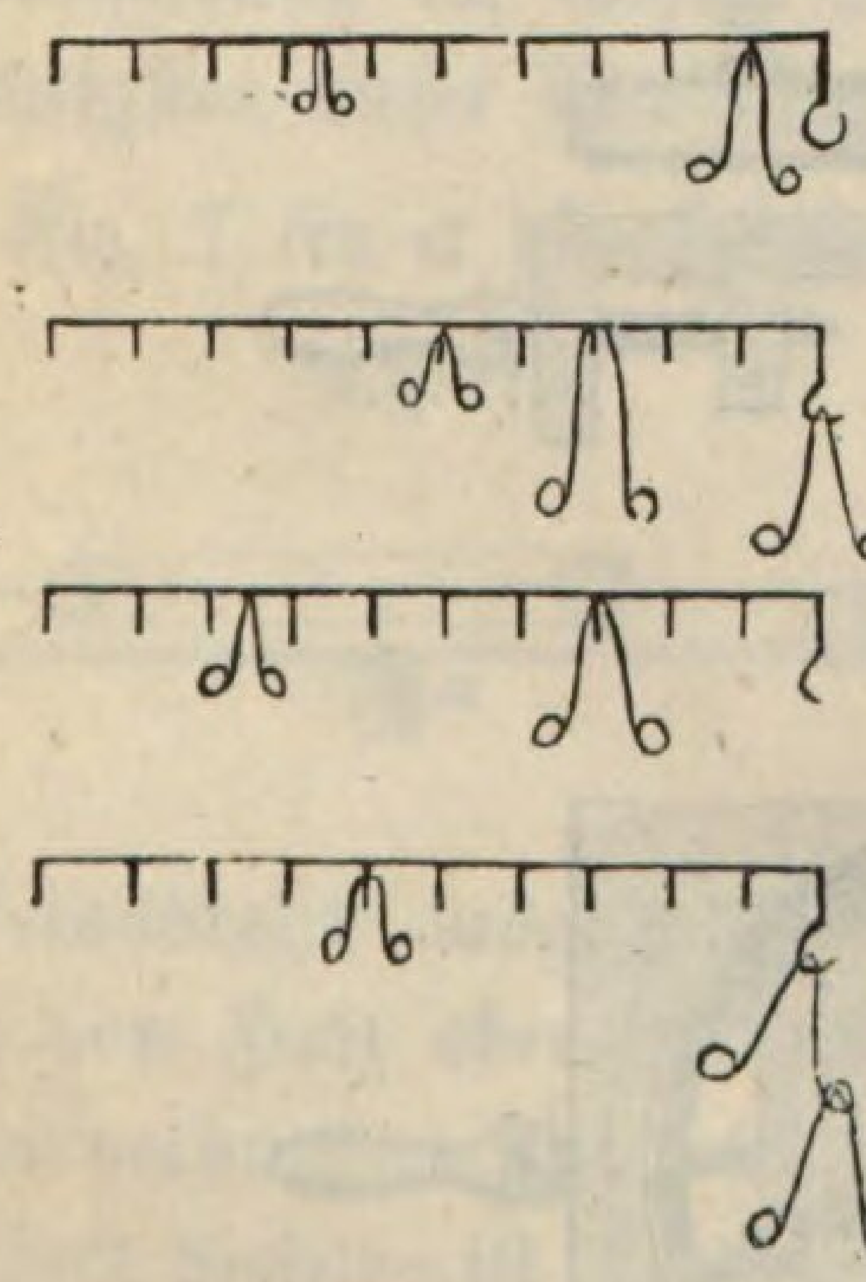
Der Gebrauch dieser Wage ist nun folgender. Man füllt das Champagnerglas oder die Glasröhre Fig. 3, bis zu einem bestimmten mit dem Diamantsplitter markirten Striche an, läßt das Gläschen eintauchen und schiebt den dicken Draht so lange auf dem Balken mit einer Pincette fort,

Fig. 3.



bis das Gleichgewicht eingetreten ist. Wenn das specifische Gewicht kleiner als 1 ist, so findet man auf dem Balken eine Stelle, die dieser Bedingung entspricht. Gesetzt aber, diese Stelle läge zwischen zwei Zahlen, so müßte man die Entfernung auf Augenmaß abschätzen. In diesem Falle hängt man den schweren Draht auf die zunächst kleinere Zahl, und stellt nun den kleinen fehlenden Rest des Gleichgewichts mit dem kleinen Drahte her. Trifft dieser Punkt zwischen zwei Zahlen, so schätzt man diese Entfernung nach Augenmaß auf Zehntel. Die Zahl, wo der große Draht hängt, ist die erste Decimalstelle, die, wo der kleine Draht hängt, die zweite, und wenn dieser zwischen zwei Zahlen hängt, so ist die nächste Zahl nach der Mitte der Wage die zweite Decimale, und die in Zehnteln geschätzte Entfernung

Fig. 4.



0,934

1,850

0,725

2,040

von dieser Zahl an die dritte Decimalstelle. In Fig. 1 zeigen die beiden Drähte das specifische Gewicht 0,850 an. In Fig. 4 zeigen die nebenstehenden Zahlen die specifischen Gewichte an, die auf dem Wagebalken bei der jedesmaligen Lage der Drähte sich ergaben. Wenn das specifische Gewicht größer als 1 und kleiner als 2 ist, so hängt einer der schweren Drähte auf der Zahl 10, d. h. an dem Haken der Schneide, worauf das Senkgläschen hängt. Der zweite dicke Draht giebt, wie oben, die erste Decimale an, der kleine die zweite und dritte. Wegen der Dünnheit des Platindrahtes zum Aufhängen ist diese Bestimmungsmethode ungemein scharf. Sie geht bei

guten Wagen ganz leicht auf die dritte Decimalstelle, im ganzen auf die vierte Stelle.

Diese Wägungen gehen ungemein rasch vor sich, und werden ohne alle Berechnung direct abgelesen. In einem unten etwas beilaufenden Champagnerglase bedarf man nur 6 Drachmen Wasser, um den Senkkörper frei spielen zu lassen. Ein gleich großes Volum jeder anderen Flüssigkeit genügt natürlich auch.

Mohr hat diesen Apparat noch weiter vervollkommnet, so daß er das specifische Gewicht bis auf die 4te Decimalstelle genau angeben kann. Er wendet dazu eine ungleicharmige Wage an; der längere Arm ist ungefähr 300^{m}, der kürzere etwa 100^{mm} lang; am Ende des längeren, der in 100 gleiche Theile getheilt ist, wird das Senkgläschen angehängt. Der kurze Arm endigt mit einer Schraube, auf welcher ein Laufgewicht von Messing so gestellt werden kann, daß es das Senkglas gerade äquilibrirt.

Der Gebrauch dieses Apparates ist nach dem Vorhergehenden von selbst klar.

Die Schwungmaschine.

Der Schluß der Nro. 89 auf S. 191 ist folgendermaßen zu ergänzen: Um Versuche über die Schwungkraft anzustellen, wird die sogenannte Schwung- oder Centrifugalmaschine angewendet; Fig. 5 stellt eine solche Schwungmaschine, wie sie Mechanikus Dechsle in Pforz-

Fig. 5.

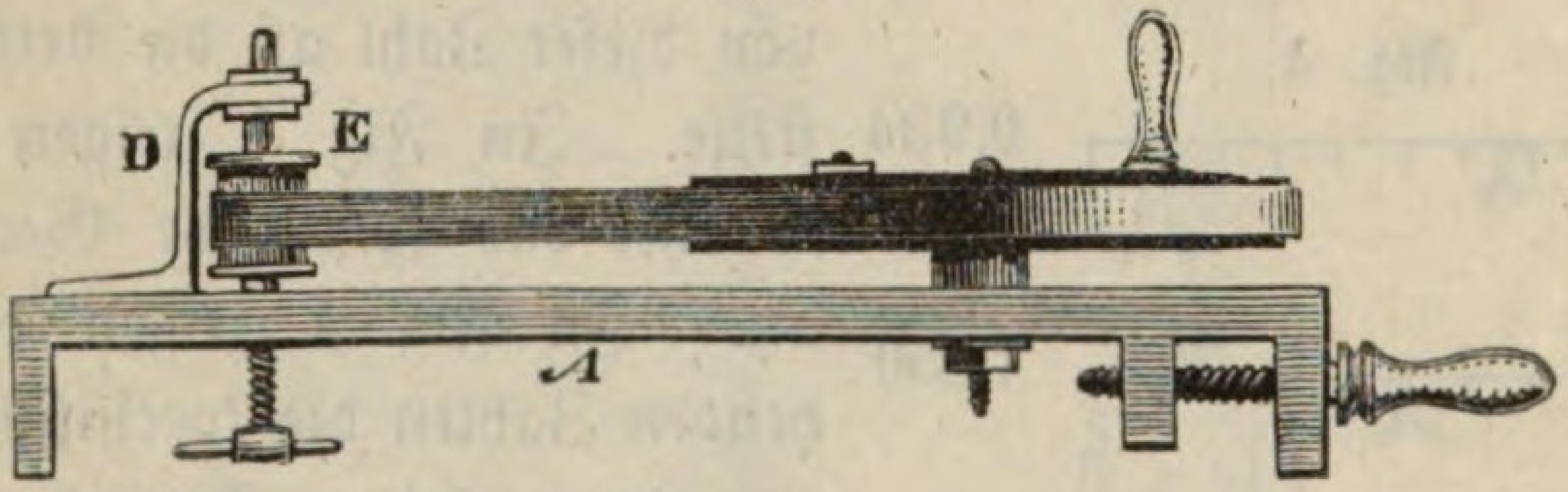
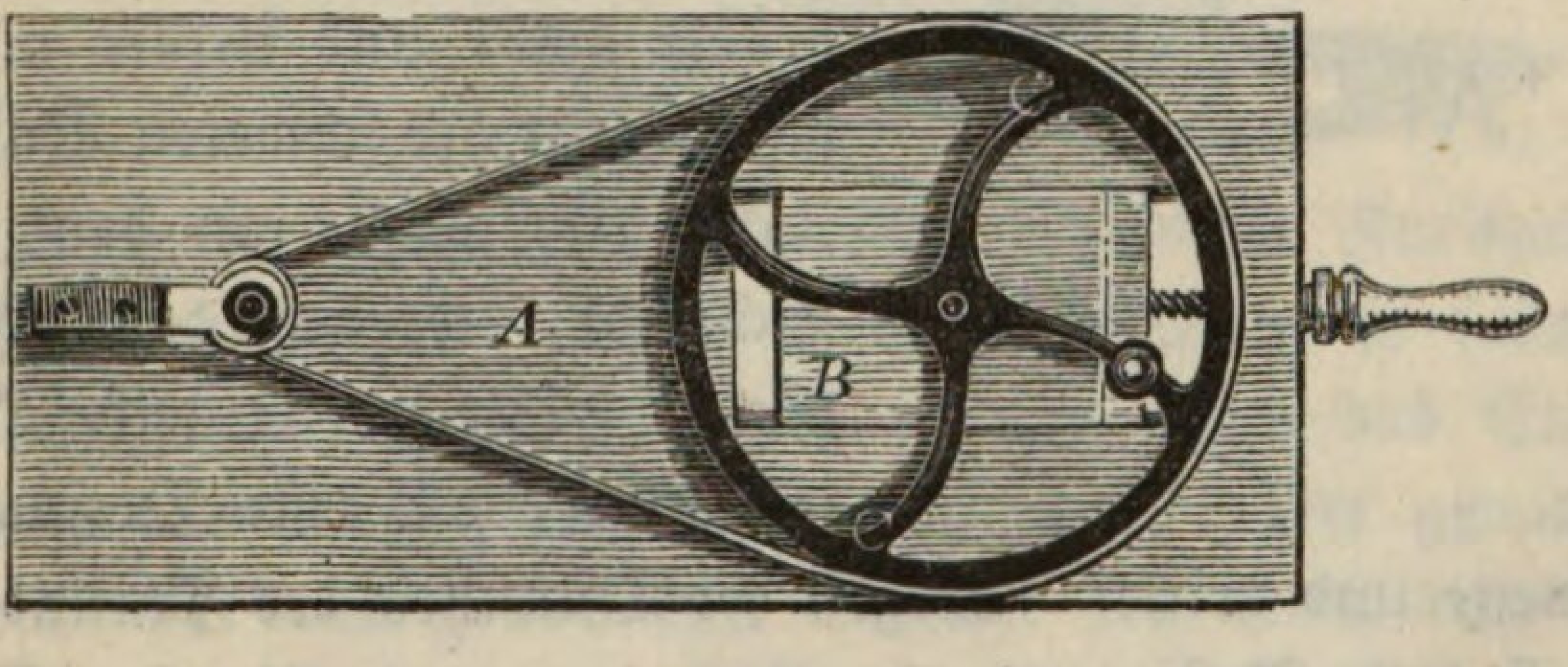


Fig. 6.



heim construirt, im Aufriß, Fig. 6 stellt sie im Grundriß in $^1/_{12}$ der natürlichen Größe dar.

An dem einen Ende des Brettes *A* ist ein Schieber *B* angebracht, auf welchem ein Stehzapfen senkrecht befestigt ist, um welchen das gußeiserne Schwungrad *C* sich leicht in horizontaler Ebene umdrehen läßt. Am andern Ende des Brettes *A* ist ein eiserner Kloben *D* aufgeschraubt, der das obere Ende der vertikalen Axe *E* festhält. Die Axe *E* steht durch einen Riemen mit dem Schwungrad *C* in Verbindung, und um diesen Riemen spannen zu können, ist an dem Ende des Brettes *A* eine Schraube angebracht, mittelst welcher der Schieber *B* sammt dem Schwungrade *C* von der Axe *E* entfernt werden kann.

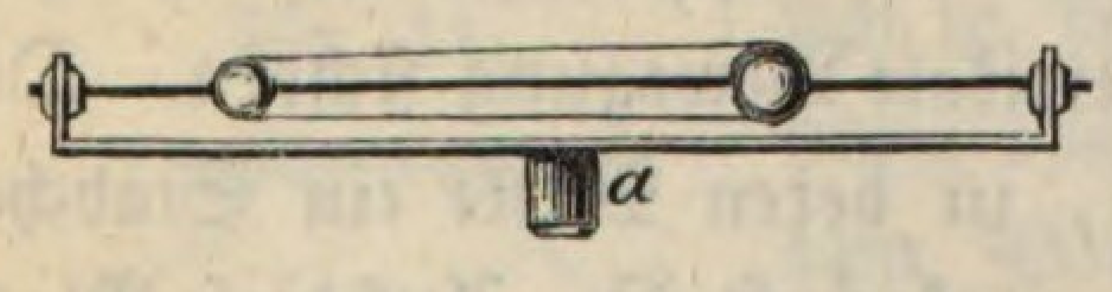
Die vertikale Axe *E* hat an ihrem oberen Ende einen nur wenig konischen Zapfen, auf welchen die zu verschiedenen Versuchen dienenden Apparate aufgesetzt werden; es ist nicht nöthig, daß diese Vorrichtungen durch einen Querstift befestigt werden.

Der Riemen geht nicht direkt um die eiserne Axe *E*, sondern um eine an ihr befestigte hölzerne Rolle, da jedoch der Umfang dieser Rolle viel kleiner ist als der Umfang des Schwungrades, so macht auch die Rolle mit der Axe *E* in gleichen Zeiten so viel mal mehr Umdrehungen als das Schwungrad, als der Durchmesser der Rolle kleiner ist als der Durchmesser des Rades. Wäre z. B. der Durchmesser des Rades 10mal so groß als der der Rolle, so würde die Axe *E* 10 Umdrehungen machen, während das Schwungrad nur eine macht, es ist also leicht, die Axe *E* in eine sehr rasche Rotation zu versetzen.

Mit einer solchen Maschine lassen sich viele Versuche anstellen, welche zur Erläuterung der Gesetze von der Schwungkraft dienen. Wir wollen die wichtigsten dieser Versuche näher betrachten.

In Fig. 7 sey *a* die Hülse, welche auf das obere konische Ende der Axe *E* Fig. 6. aufgesetzt wird; auf *a* ist ein horizontales schmales Brett befestigt, an dessen Enden sich zwei kurze vertikale Arme befinden, zwischen denen ein dünnes Metallstäbchen oder ein Metalldraht ausgespannt ist. Dieser Metalldraht geht durch zwei Kugeln von Holz oder Elfenbein hindurch, welche durch zwei Schnüre mit einander verbunden sind, so daß die Entfernung beider Kugeln von einander stets dieselbe ist, sobald die Schnüre angespannt sind. Das Loch in den Kugeln muß so groß seyn, daß sich die Kugeln mit der größten Leichtigkeit auf dem Drahte verschieben lassen. Nehmen wir an, die Kugeln seyen ungefähr so gestellt, wie es die Figur zeigt, so würden sie,

Fig. 7.



wenn der Apparat in Rotation versetzt wird, sich von der Mitte des Drahtes entfernend nach beiden Seiten auseinanderfahren und an den Endbrettchen anschlagen, wenn es die Schnur nicht verhinderte. Da nun die Kugeln aus einander fahren können, so wird diejenige, für welche die Schwungkraft stärker ist, die andere nach sich ziehen. Wenn nun aber die Kugeln gerade so gestellt sind, daß die Schwungkraft für beide gleich ist, so werden sie sich nicht von der Umdrehungsaxe entfernen können und sich also im Kreis bewegen müssen, ohne an den Endplatten hinzufahren.

Dieses Gleichgewicht findet dann Statt, wenn sich die Entfernungen beider Kugeln von der Mitte des Drahtes umgekehrt verhalten wie ihre Massen. Wäre die größere Kugel 2, 3, 4mal so schwer als die andere, so müßte die kleinere Kugel 2, 3, 4mal so weit von der Umdrehungsaxe, also von der Mitte des Drahts entfernt seyn.

Dieser Versuch beweis't, daß die Schwungkraft im Verhältniß des Halbmessers der Bahn wächst, und daß sie der Masse proportional ist.

Daß sich die Schwungkraft unter übrigens gleichen Umständen umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Umlaufszeit, daß sie also bei 2, 3, 4mal so großer Umlaufszeit 4, 9, 16mal größer wird, läßt sich folgendermaßen zeigen. Auf einem Brette, welches man Fig. 8. im Aufriß, Fig. 9 im Grundriß sieht, und welches wie der vorige Apparat vermittelst der Hülse *a* auf die Schwungmaschine aufgesetzt wird, sind ebenfalls auf beiden Seiten Endplatten befestigt, zwischen denen ein Metallstab *ef* befestigt ist, auf welchem sich eine Kugel von schwerem Holz, von Elfenbein oder Metall sich leicht verschieben läßt.

Fig. 8.

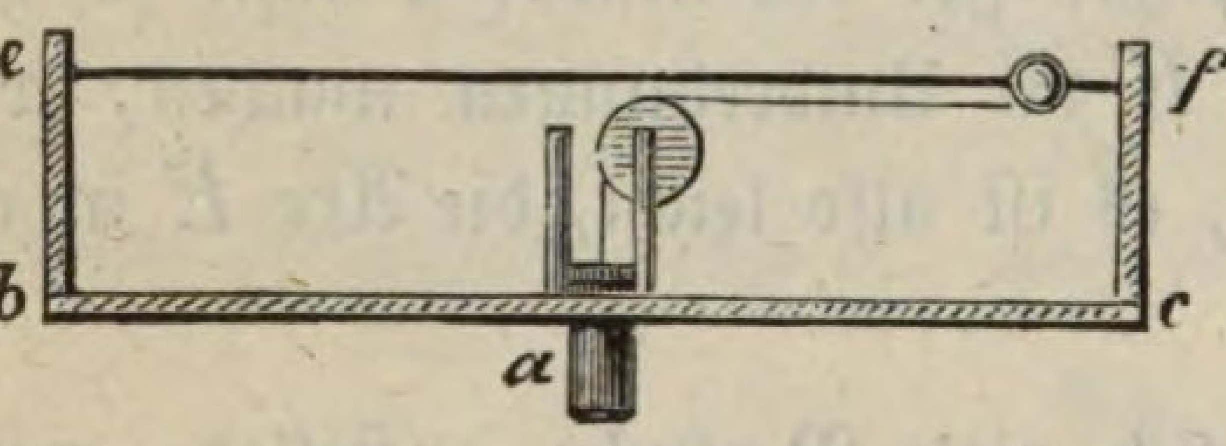


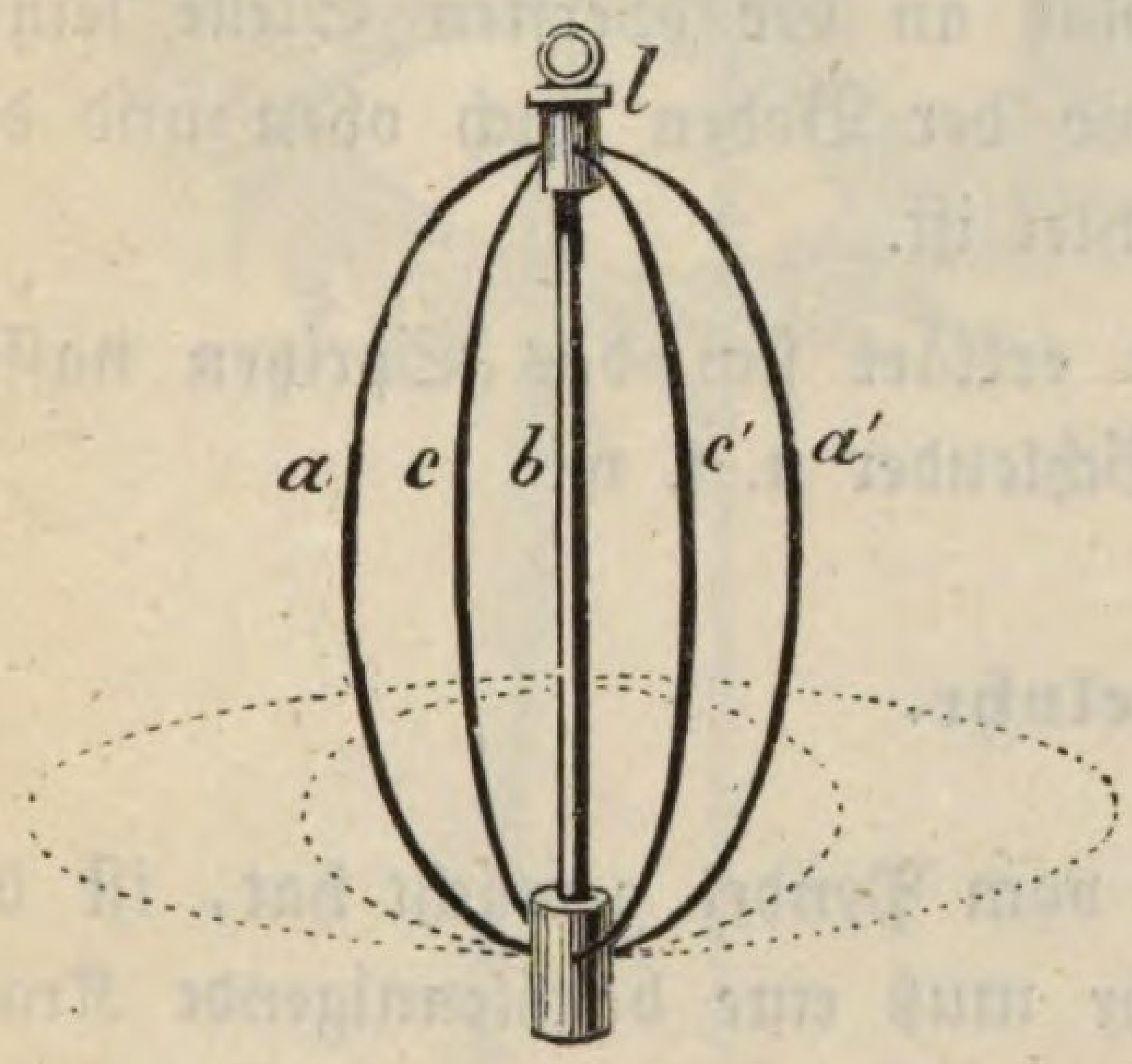
Fig. 9.

An dieser Kugel ist eine Schnur befestigt, die über eine Rolle geht und an der gerade in der Mitte des Apparates ein Gewicht zwischen 4 Säulchen hängt, welche seine vertikale Bewegung sichern. Dieses Gewicht besteht aus einer Metallplatte, in deren Mitte ein Stäbchen sich befindet, an welchem oben die Schnur angeknüpft ist. Auf diese Platte können mehrere eingeschlitzte Metallplatten gelegt werden, deren jede so viel wiegt als die untere Platte sammt dem Stäbchen. Sobald der Apparat in Rotation versetzt wird, erhält die Kugel ein Bestreben, von der Mitte nach *f* hinzufahren; bei hinlänglich rascher Drehung findet diese Bewegung wirklich Statt, und das Gewicht wird durch die Schwungkraft der Kugel gehoben; bei gehöriger Umdrehungsgeschwindigkeit hält die Schwungkraft der Kugel dem Gewichte genau das Gleichgewicht, letzteres wird als-

dann gerade schwebend erhalten; ist die Schwungkraft zu groß, so schlägt die Kugel bei f an, wird sie zu klein, so fällt das Gewicht wieder herab. Nehmen wir an, daß bei einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit die Schwungkraft der Kugel gerade die Platte mit ihren Stäbchen schwebend erhalten kann, ohne daß die Kugel immer bei f anschlägt, so wird bei doppelter Umdrehungsgeschwindigkeit ein 4faches Gewicht schwebend erhalten, man hat also für diesen Fall auf die untere Platte noch 3 Gewichtsplatten aufzulegen.

Der in Fig. 10 abgebildete Apparat dient, um zu erläutern, wie die Abplattung der Erde eine Folge ihrer Axendrehung ist.

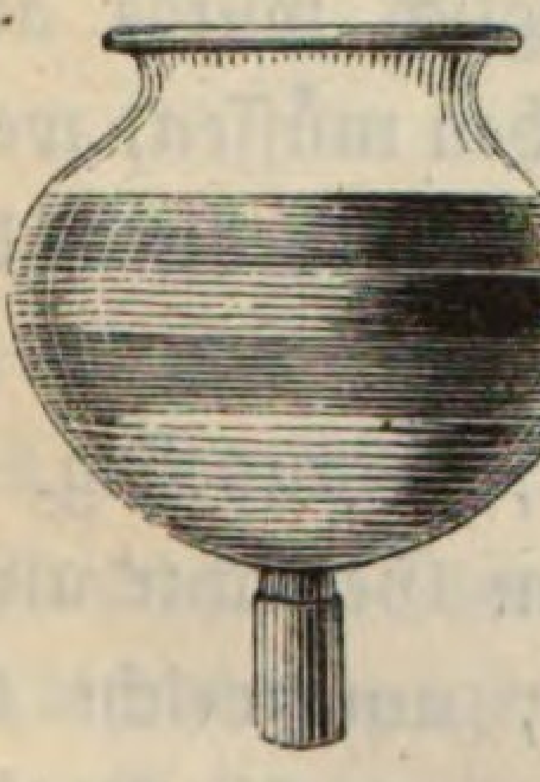
Fig. 10.



An dem unteren Ende der eisernen Axe b, welche auf die Schwungmaschine aufgesetzt wird, sind mehrere elastische Streifen $a\,a'$ und $c\,c'$ von Messingblech befestigt, die oben wieder an einer Hülse l zusammenlaufen, welche leicht an der Axe b hin- und hergeschoben werden kann. Wenn der Apparat in Ruhe ist, nehmen die Metallstreifen vermöge ihrer Elasticität die in unserer Figur dargestellte Form an, sobald er aber in Rotation um die Axe b versetzt wird, nehmen sie eine abgeplattete Gestalt an, indem die Hülse l niedergezogen wird.

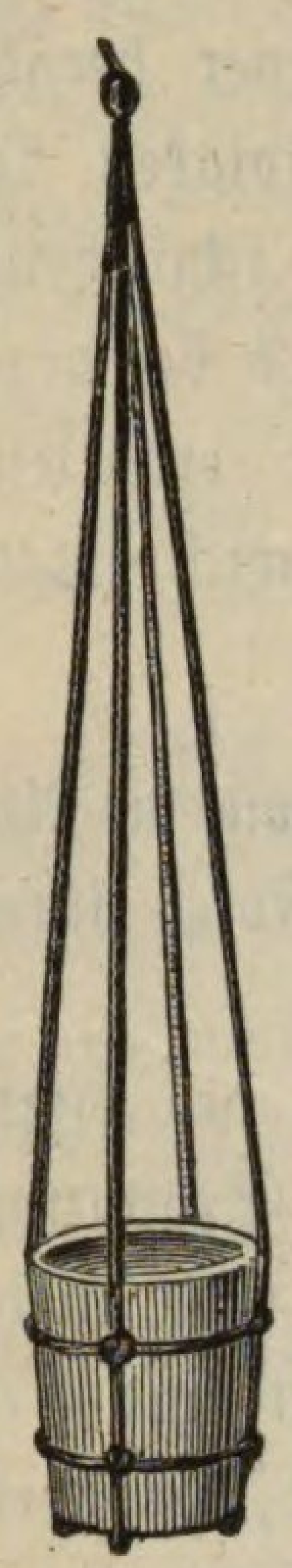
Befestigt man ein Glasgefäß, wie das Fig. 11 dargestellte auf der Axe E der Schwungmaschine, gießt man dann etwas gefärbtes Wasser hinein, so sieht man bei der Umdrehung des Gefäßes um seine Axe, wie das Wasser bei langsamer Drehung am Rande etwas aufsteigt, sich in die Mitte also aushöhlt, bei rascherer Drehung aber ganz von dem Boden wegfliegt, um in dem Bauch des Gefäßes einen Ring zu bilden.

Fig. 11.



Befindet sich außer dem farbigen Wasser auch noch Quecksilber in dem Gefäße, so wird auch dieses in Folge der Schwungkraft in die Höhe steigen und einen metallglänzenden Ring an die äußerste Stelle des Bauches des Gefäßes bilden, welcher zu beiden Seiten von dem dunkelfarbigen Ring des gefärbten Wassers eingefaßt erscheint. Dieser Versuch zeigt, daß das schwerere Quecksilber doch noch mit größerer Gewalt durch

Fig. 12.



die Schwungkraft von der Umdrehungsaxe fortgeschleudert wird, daß also die Schwungkraft mit der Masse wächst.

Wir sehen in diesem Versuch, wie die Schwungkraft stark genug werden kann, um die Wirkungen der Schwere aufzuheben; es läßt sich dies auch noch so zeigen.

Wenn man ein gewöhnliches Trinkglas mit einem Geflecht von Kordel umgiebt, welches in 4 oben zusammengebundenen Schnüren endet, wie man Fig. 12 sieht, so kann man, den Knoten in der Hand haltend, das mit Wasser gefüllte Glas in vertikaler Ebene umschwenken, ohne daß das Wasser ausfließt, selbst wenn das Glas an der obersten Stelle seiner Kreisbahn sich befindet, wo der Boden nach oben und die Oeffnung nach unten gerichtet ist.

Aus der Schwungkraft erklärt sich das Spritzen nasser Räder, die Wirkung der Schleuder u. s. w.

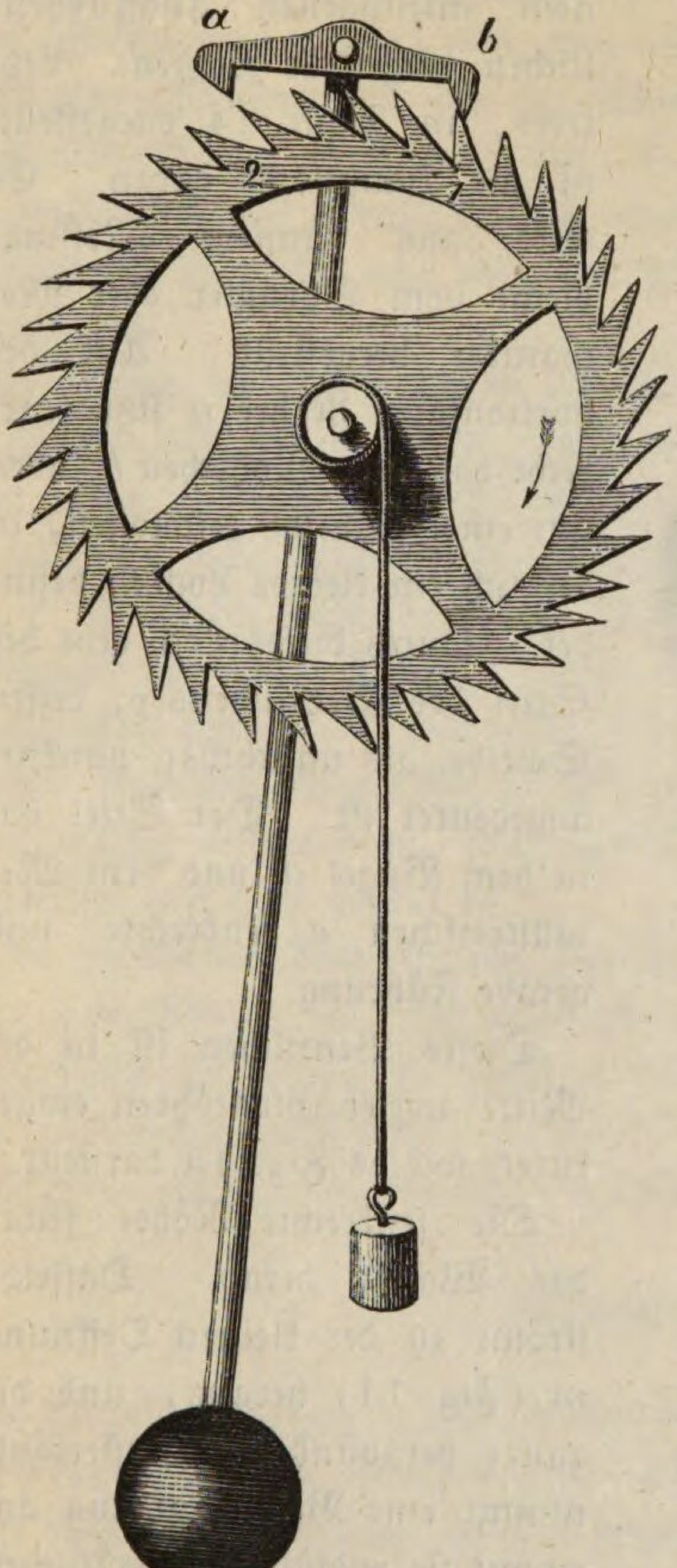
Die Pendeluhr.

Die wichtigste Anwendung, die man vom Pendel gemacht hat, ist die Regulirung der Uhren. In jeder Uhr muß eine beschleunigende Kraft wirken, um die Bewegung hervorzubringen und zu erhalten. Nun aber ist aus dem, was über beschleunigende Kräfte gesagt wurde, klar, daß, wenn der beschleunigenden Kraft nicht eine andere gleiche Kraft oder ein Bewegungshinderniß entgegenwirkt, die Bewegung nicht gleichförmig bleiben kann, sondern daß sie, wie bei einem fallenden Körper, schneller und schneller wird. Bei unseren Wanduhren wird die beschleunigende Kraft durch Gewichte hervorgebracht, welche an einer Schnur hängen, die um eine horizontale Axe geschlungen ist. Wenn das Gewicht durch seine Schwere herabgezogen wird, wird durch die Schnur die Axe umgedreht und dadurch das ganze Uhrwerk in Bewegung gesetzt. Die Bewegung eines fallenden Gewichtes ist aber eine beschleunigte, folglich würde auch die Uhr anfangs langsam, dann schneller und schneller gehen müssen, wenn ihr Gang nicht regulirt würde, und diese Regulirung wird nun durch das Pendel bewerkstelligt.

Wie das Pendel den Gang einer Uhr reguliren könne, ist aus Fig. 13 ersichtlich. An der Axe, um welche die Schnur mit dem Gewichte angebracht ist, ist ein gezahntes Rad befestigt. Die Axe, um welche das Pendel schwingt, befindet sich über diesem Rade, und an dieser Pendelaxe ist ein Anker *a b* befestigt, welcher, je nach der Stellung des Pendels, auf der einen oder andern Seite in die Zähne des Rades ein=

greift. Die Figur stellt das Pendel gerade in der Lage vor, wo es seine äußerste Stellung links hat. Das Rad, welches durch das Gewicht in der Richtung des Pfeils gedreht wird, kann aber nicht vorangehen, weil der Zahn 1 durch den Zahn *b* des Ankers aufgehalten wird; sobald aber das Pendel zurückgeht, geht *b* in die Höhe, der Zahn 1 wird nun vorbeigelassen, die Bewegung des Rades wird aber doch alsbald wieder gehemmt, weil nun auf der andern Seite der Zahn *a* des Ankers niedergeht und an diesen dann der Zahn 2 des Rades anstößt, so kann also das Rad bei jedem Hingange um einen, und bei jedem Hergange abermals um einen Zahn weiter gehen, die Bewegung des Rades wird also durch die Schwingungen des Pendels regulirt.

Fig. 13.



Eine solche Vorrichtung nennt man eine Hemmung oder ein Echappement.

Bei Taschenuhren ist das Gewicht durch eine gespannte Stahlfeder, das Pendel aber durch die Unruhe, d. h. durch eine feine, vermöge ihrer Elasticität um ihre Gleichgewichtslage schwingende Feder ersetzt.

Mohr's Stoßheber.

Der auf S. 247 des ersten Bandes besprochene hydraulische Widder, oder, wie man ihn auch nennt, der Stoßheber, gehört gewiß zu den instructivsten physikalischen Vorrichtungen, und es ist deshalb wünschenswerth, die Wirkung desselben durch Modelle auch in physikalischen Kabinetten zeigen zu können; die bis jetzt construirten Modelle des Stoßhebers sind aber unverhältnißmäßig kostspielig. Die in Folgendem beschriebene, von Dr. Mohr in Koblenz herrührende Vorrichtung wird deshalb manchem Lehrer der Physik willkommen seyn.

Fig. 14.

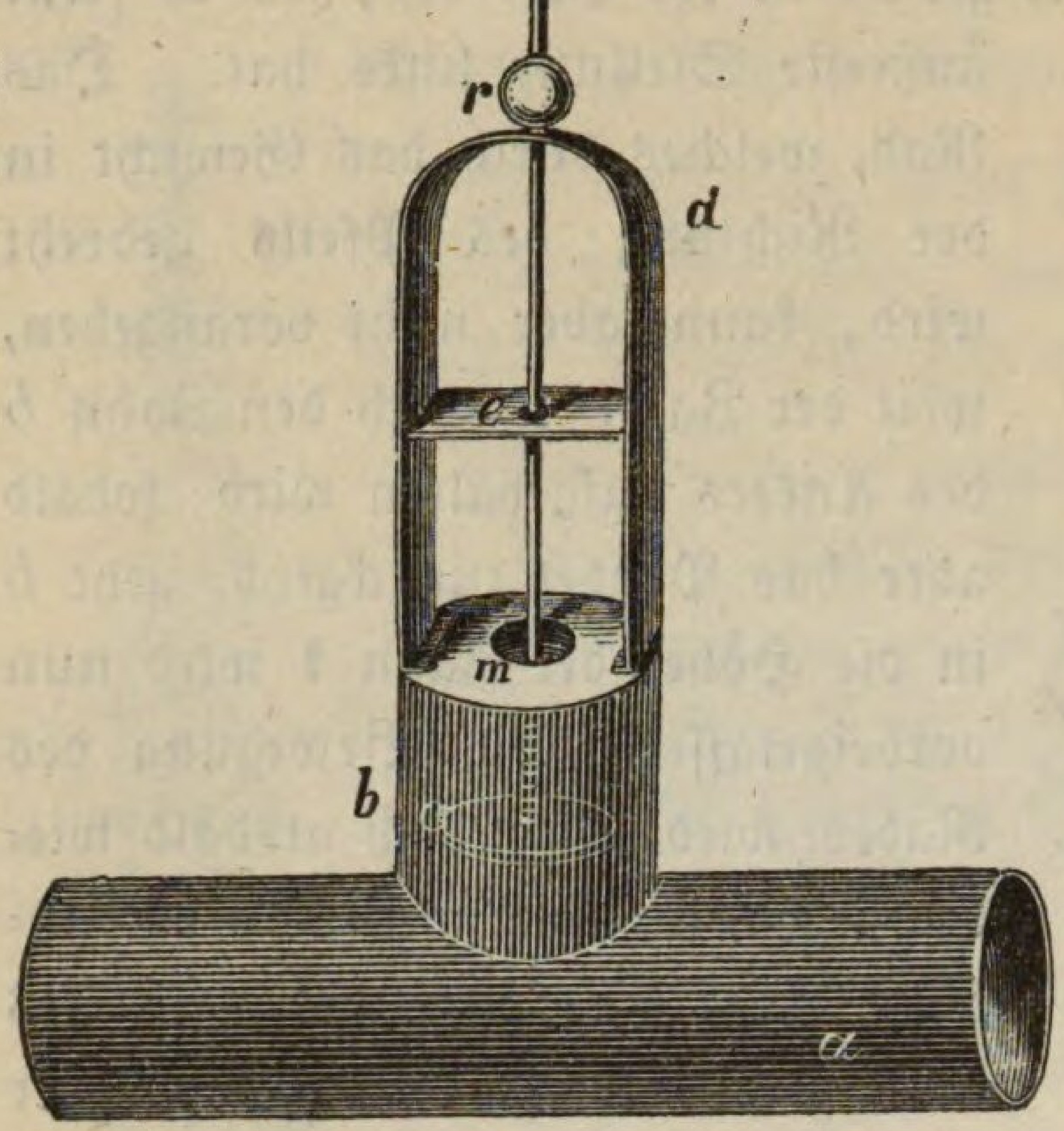
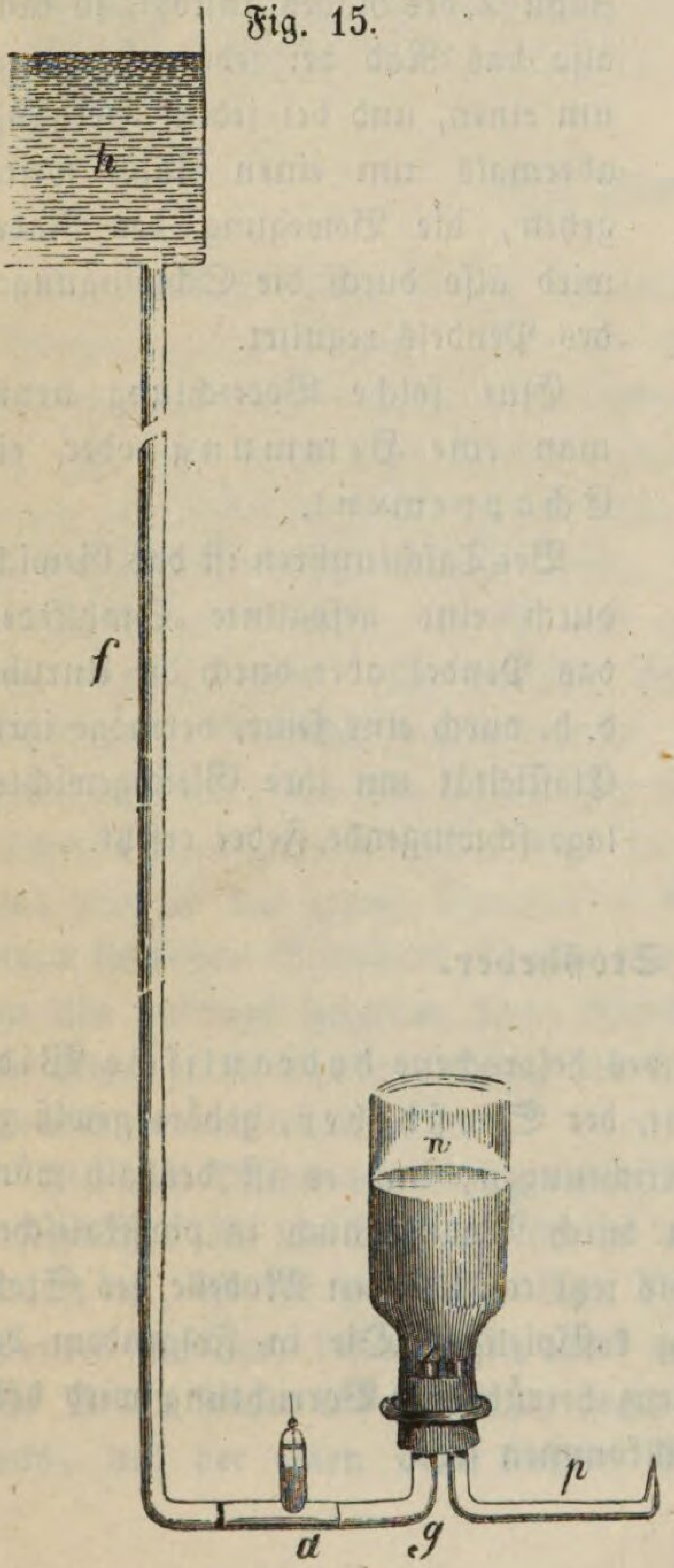


Fig. 15.



Mohr's Stoßheber kann leicht aus Glasröhren und einem messingenen Ausflußventilchen hergestellt werden. Letzteres, in Figur 14 dargestellt, ist die Hauptsache daran. Es wird aus dünnem Messingbleche vom Spengler oder Mechaniker hergestellt. Auf der horizontalen Röhre *a* sitzt senkrecht das kurze Röhrchen *b*, oben mit einer Scheibe geschlossen, in der sich ein kleines Loch *m* befindet. Durch dieses Loch geht der Stiel des Ventilchens *c*, dessen Scheibe, als unsichtbar, punktirt angedeutet ist. Der Stiel hat in dem Bügel *d* und dem Metallstreifchen *e* senkrechte und gerade Führung.

Dieses Ventilchen ist in die Mitte zweier Glasröhren eingekittet, wie es Fig. 15 darstellt.

Die senkrechte Röhre führt das Wasser herab. Dasselbe strömt zu der kleinen Oeffnung *m* (Fig. 14) heraus, und die ganze herabsinkende Wassersäule nimmt eine Beschleunigung an, womit sie endlich das Ventilchen *c* hebt, und gegen die obere Platte der Röhre *b* (Fig. 14) antreibt; damit ist hier der Ausfluß gehemmt, und die ganze in heftiger Bewegung begriffene Wassersäule stößt an dem Ventil vorbei in den Windkessel *w*, (Fig. 15), indem sie das auf der Glasröhre *g* ruhende Ventil aus Leder augenblicklich hebt. Der Ausfluß aus diesem Windkessel

durch die Röhre p ist aber so klein, im Verhältniß zum Zuströmen, durch die weite Röhre g, daß der Windkessel bald kein Wasser mehr aufnimmt, wodurch sich das Ventil des Windkessels wieder schließt. Die comprimirte Luft im Raume w dehnt sich aber im folgenden Augenblicke aus, und wirft einen Wasserstrahl aus der Röhre p aus. Indem aber der Windkessel kein Wasser mehr aufnahm, war der Stoß der Wassersäule ganz gehemmt, und das Ventil b sank wieder herunter, damit fing hier der Ausfluß bei m wieder an, und ihm folgten der Reihe nach dieselben Erscheinungen.

Je größer die Oeffnung m im Ventile (Fig. 14) ist, desto beschleunigter wird das Wasser sinken, und desto stärker der Stoß in den Windkessel gehen, desto höher auch das Wasser aus p spritzen. Läßt man das Ventilchen c nur wenig sinken, was man mit dem verschiebbaren Kügelchen r (Fig. 14) reguliren kann, so folgen die Stöße rasch aufeinander. Beschwert man das Ventil c oben, so wird es bei einer größeren Geschwindigkeit erst steigen und deshalb das Wasser höher aus p ausspritzen.

Füllt man den Windkessel w fast ganz mit Wasser an, so folgen die Stöße rascher aufeinander, und das Wasser spritzt höher, als wenn der Windkessel mit Luft gefüllt ist.

Der scheinbare Widerspruch, daß das Wasser aus p höher spritzt, als es in a herabsinkt, löst sich durch die Betrachtung, daß nicht alles Wasser zu dieser Höhe gelangt, sondern ein großer Theil unten mit sehr geringer Bewegung ausfließt. Die an diesem verschwindende Bewegung erscheint an der kleinen Menge der ausgespritzten als vermehrte Höhe.

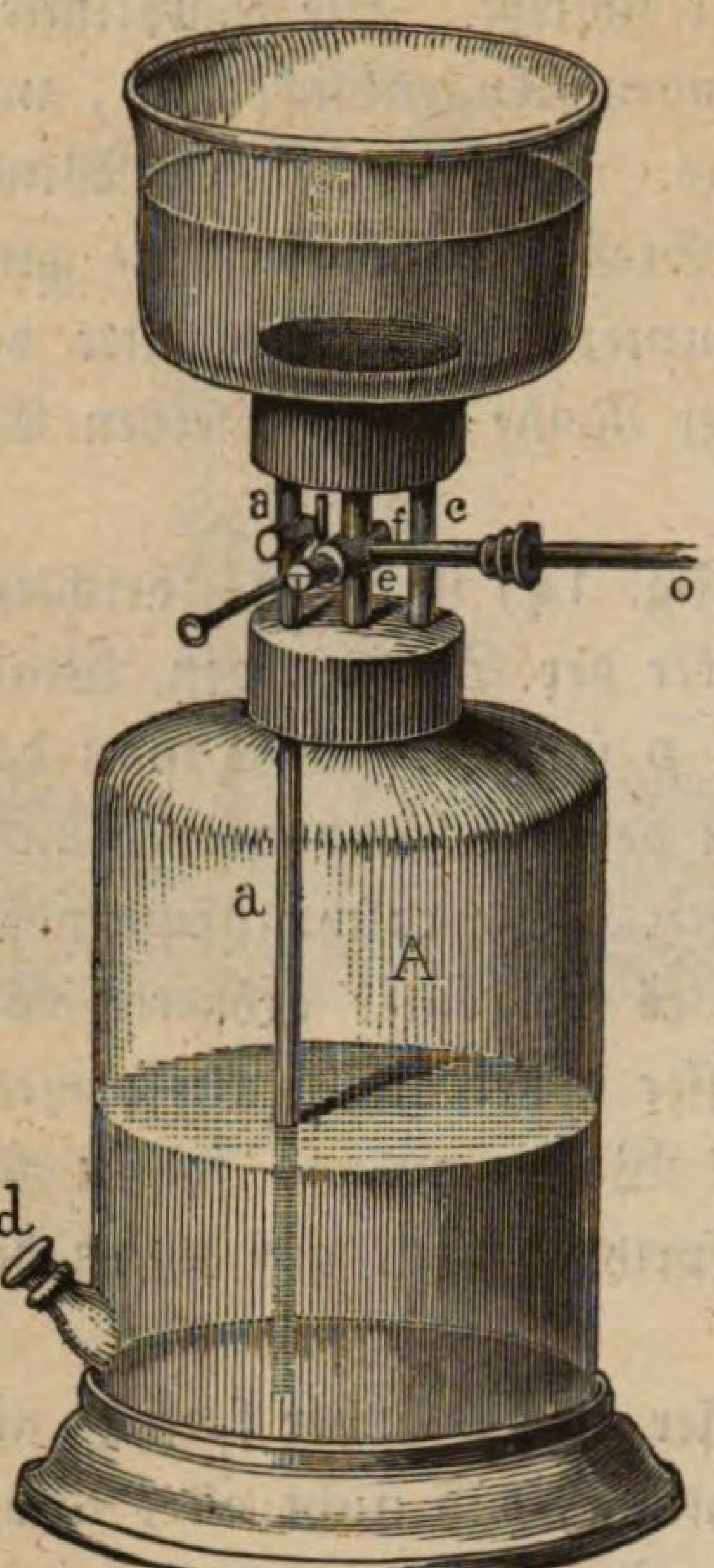
Gasometer.

Zu der Beschreibung der Gasometer auf Seite 249 ist noch hinzuzufügen.

Eckling in Wien verfertigt jetzt solche Gasometer von Glas, welche höchst elegant sind und bei welchen man die ganze Einrichtung, der Durchsichtigkeit des Materials wegen, leicht übersieht. Es versteht sich von selbst, daß hier das Wasserstandsrohr wegfällt. Fig. 16 (a. f. S.) stellt einen solchen Apparat in $^1/_{10}$ der natürlichen Größe dar. Das untere Glasgefäß A hat oben einen engeren Hals, der in eine Kupferbüchse eingekittet ist. In der Mitte des etwas gewölbten Deckels derselben erhebt sich eine Röhre, die bei e einen Hahn hat, der geöffnet das Gas durch das horizontale Rohr f ausströmen läßt. Der obere Wasserbehälter ist unten eben so gefaßt wie A oben. Ein Rohr a führt von demselben bis fast zum Boden von A, c ist nur eine Stütze. Um A mit Wasser zu füllen, wird die Oeffnung bei d geschlossen; der Hahn e und der Hahn der Röhre a geöffnet und in das obere Gefäß Wasser eingegossen. So-

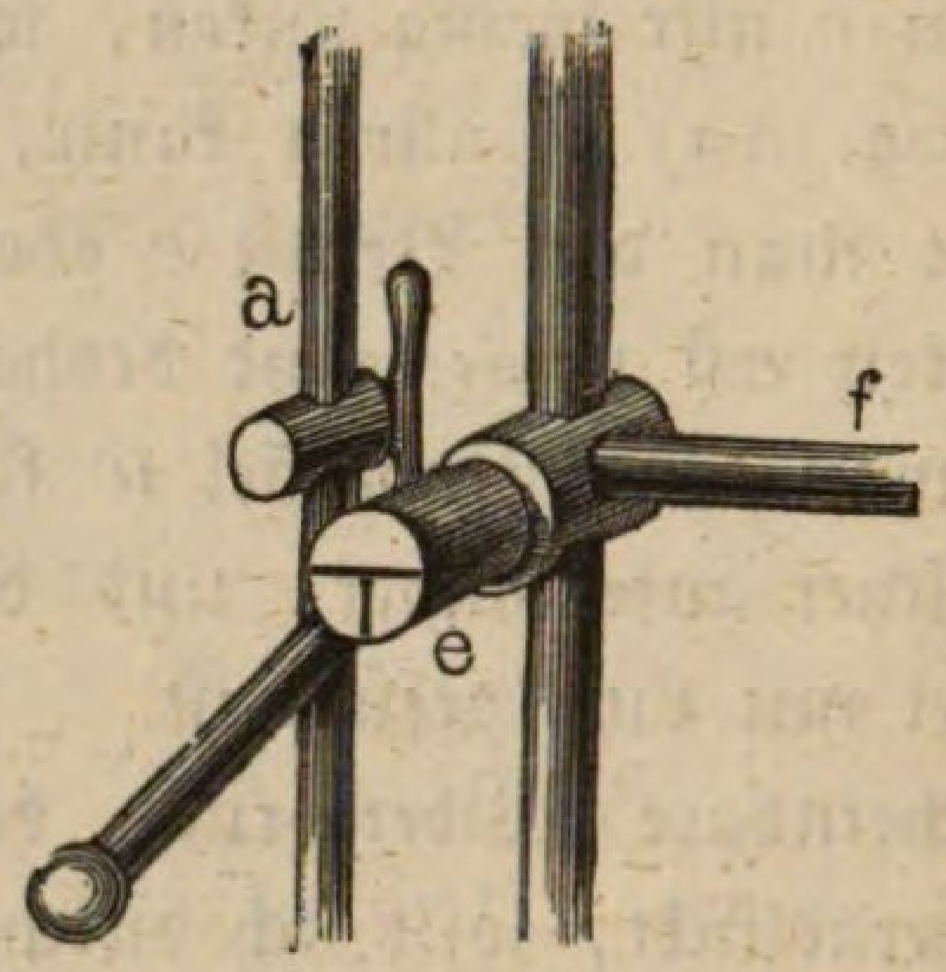
bald das untere Gefäß mit Wasser gefüllt ist, werden beide Hähne geschlossen, *d* geöffnet und nun hier das Gas eingeleitet. Sobald das Gasometer mit Gas gefüllt ist, wird *d* geschlossen und der Hahn *a* geöffnet, so daß das Gas in *A* durch eine Wassersäule gepreßt ist. Das Gas strömt nun durch *f* aus, sobald der Hahn *e* geöffnet wird.

Fig. 16.



Bei der in Fig. 17 deutlicher gezeichneten doppelten Durchbohrung des Hahnes *e* kann man das Gas statt in die Luft durch die Röhre *f* auch durch die senkrechte Fortsetzung der Röhre *e* in das obere Wassergefäß austreten lassen, dieses als Wasserwanne benutzen und das Gas leicht in Glocken, Flaschen u. s. w. umfüllen.

Fig. 17.



Vom Licht.

Der vom Lichte handelnde Abschnitt wurde schon bei der ersten Auflage so durchgearbeitet, daß in den folgenden Ausgaben keine bedeutenden Veränderungen nöthig waren, und zwar um so weniger, da jetzt gerade in der Lehre vom Licht wenig Neues publicirt wird, wir haben hier also auch nur wenig nachzutragen.

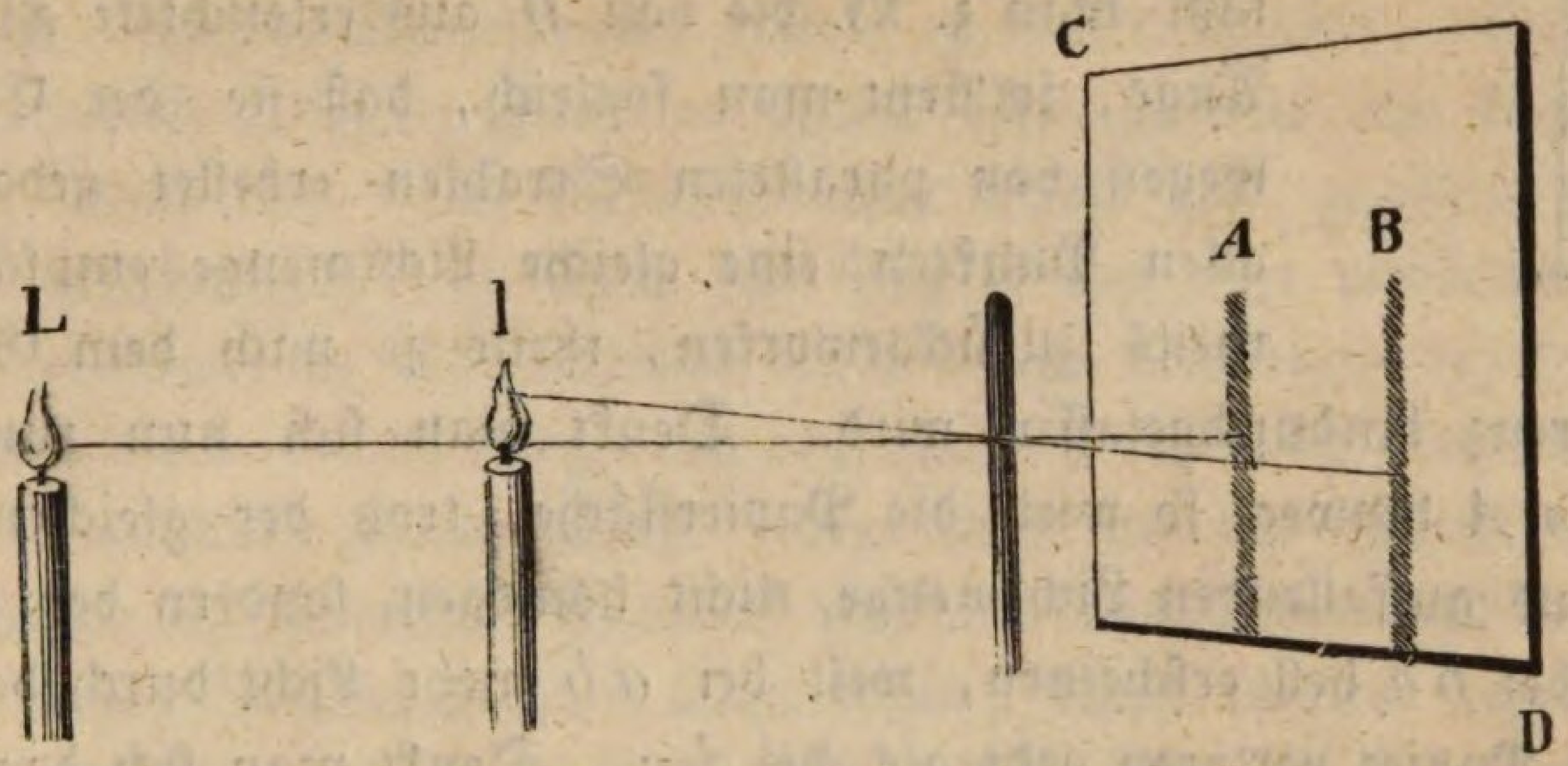
Photometer.

Auf den in Nro. 156 Seite 346 ausgesprochenen Satz, daß die Intensität der Erleuchtung im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Ent-

fernung von der Lichtquelle steht, gründen sich alle diejenigen Vorrichtungen, welche man zur Vergleichung der Lichtstärke verschiedener Lichtquellen anwendet, und welche man **Photometer** nennt.

In Fig. 18 stelle *CD* eine weiße Wand dar. Nahe vor derselben ist

Fig. 18.



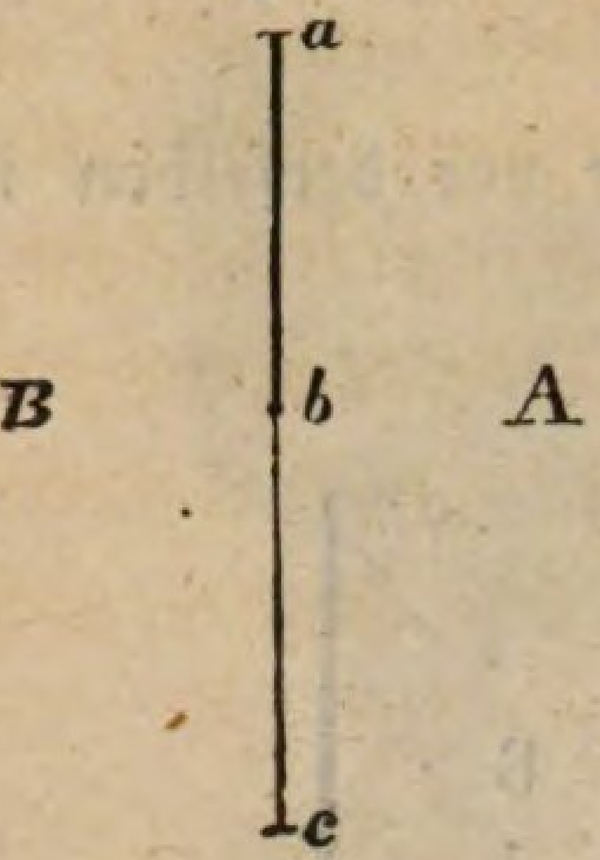
ein undurchsichtiges Stäbchen, etwas dicker als ein Bleistift, aufgestellt; wenn sich nun ein Licht in *l*, ein anderes in *L* befindet, so werden auf der Wand zwei Schatten des Stäbchens entstehen, der eine in *A*, der andere in *B*. Derjenige Theil der Wand, auf welchem sich kein Schatten befindet, ist von beiden Lichtern beschienen, der Schatten *A* ist nur durch das Licht *L*, *B* nur durch *l* beleuchtet. Wenn nun beide Lichtquellen vollkommen gleich sind, so werden die beiden Schatten gleich dunkel erscheinen, wenn sich die beiden Lichter in gleicher Entfernung befinden. Wenn aber bei gleicher Entfernung die Lichtquelle *L* stärker leuchtet, so wird der Schatten *B* dunkler erscheinen als *A*, und um die beiden Schatten wieder gleich zu machen, müßte man *L* weiter vom Schirme entfernen. Nehmen wir an, man hätte *L* wirklich so weit zurückgerückt, daß beide Schatten wieder gleich sind, so verhält sich die Lichtstärke der beiden Flammen wie das Quadrat ihrer Entfernung vom Schirme; wäre also *L* 2mal, 3mal so weit vom Schirme entfernt als *l*, so wäre die Intensität der Lichtquelle *L* 4mal, 9mal so groß als die von *l*.

Bunsen's Photometer.

Das Princip dieses Photometers beruht auf dem Umstande, daß eine ungleich transparente Fläche nur dann von homogener Helligkeit erscheint, wenn sie von beiden Seiten Lichtmengen von gleicher Intensität empfängt, daß dagegen der durchscheinende Theil gegen den weniger durchscheinenden sich dem Auge an der Seite dunkler darstellt, wo die Intensität des sie beleuchtenden Lichtes überwiegt. Wird z. B. ein Blatt starkes Zeichenpa-

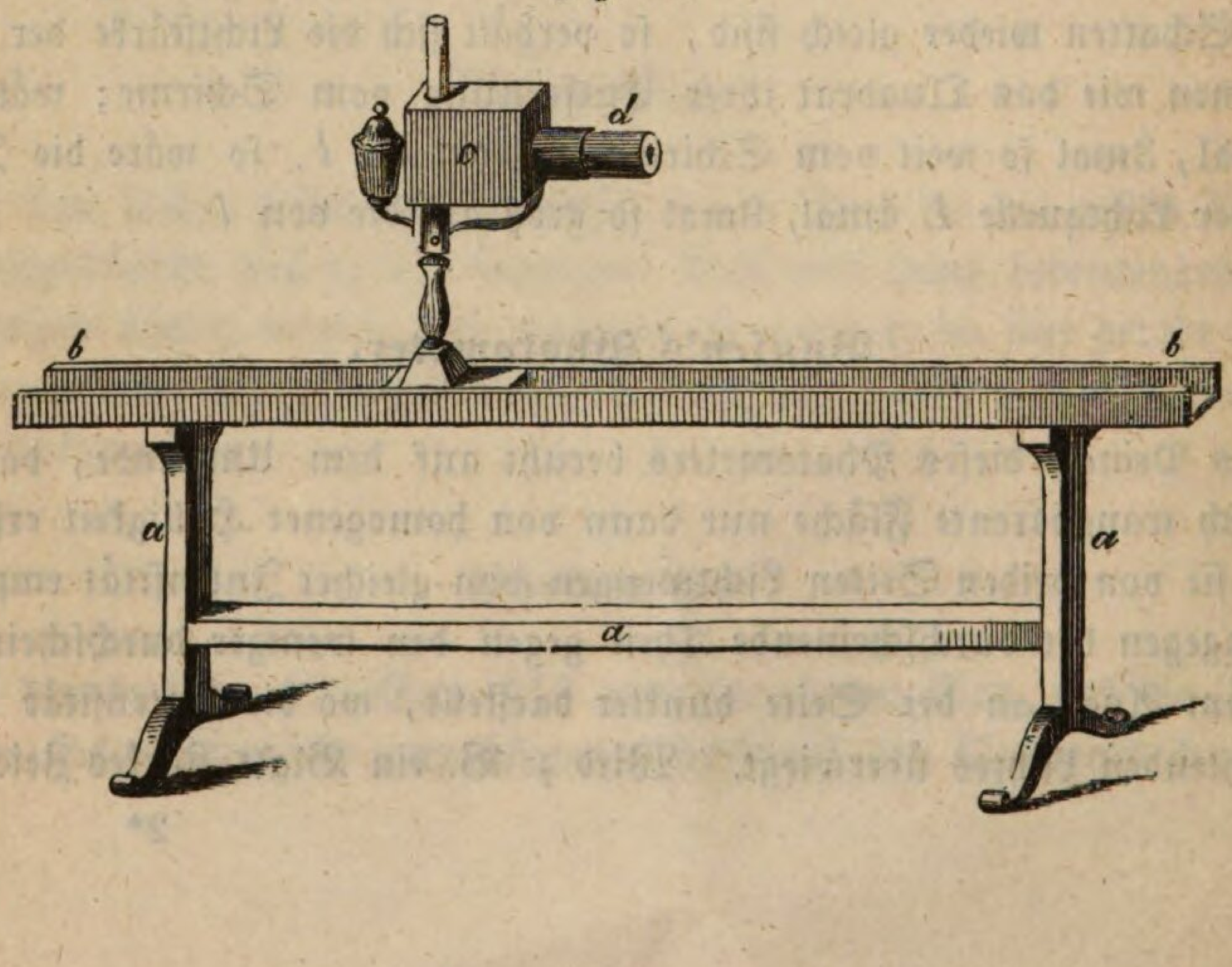
pier, welches von *a* bis *b* Fig. 19 mit Stearinsäure getränkt ist, von beiden Seiten durch zwei Lichtquellen *A* und *B* gleich stark erleuchtet, so erscheint der getränkte und nicht getränkte Theil von gleicher Helligkeit und beide lassen sich nicht durch das Auge von einander unterscheiden. Die Ursache dieser Erscheinung ist leicht verständlich; denn faßt man z. B. die von *B* aus erleuchtete Fläche in's Auge, so sieht man sogleich, daß sie (der Einfachheit wegen von parallelen Strahlen erhellet gedacht) auf allen Punkten eine gleiche Lichtmenge empfängt, die theils zurückgeworfen, theils je nach dem Grade der Transparenz hindurchgelassen wird. Denkt man sich nun zunächst die Lichtquelle *A* hinweg, so wird die Papierfläche, trotz der gleichen auf sie von *B* aus auffallenden Lichtmenge, nicht homogen, sondern bei *ab* dunkel und bei *bc* hell erscheinen, weil bei *ab* mehr Licht durch das transparentere Papier verloren geht als bei *bc*. Denkt man sich dagegen das Papier von der Seite *A* her gleich stark beleuchtet, so muß der Verlust an Helligkeit, welchen die *B* zugekehrte Seite des Papiers erleidet, durch das von *A* her durchgelassene an Intensität äquivalente Licht genau compensirt werden und die Papierfläche gleich hell erscheinen, wie ungleich ihre Transparenz bei *ab* und *bc* auch seyn mag. Durch eine ähnliche Betrachtung läßt sich beweisen, daß, wenn von *A* her intensiveres Licht auffällt als von *B*, das transparentere Papierstück *ab* von *B* gesehen heller, und umgekehrt, wenn von *A* her weniger Licht kommt als von *B*, dunkler erscheinen muß als *bc*.

Fig. 19.



Die Einrichtung des auf dies Princip gegründeten Photometers ist folgende: *a a*, Fig. 20, ist ein hölzernes Gestell, welches die am Rande

Fig. 20.



mit einer Maaßeintheilung versehene Rinne *bb* trägt, in der der Photometerkasten *c* sich so verschiebt, daß er in beliebige Entfernungen von der zu untersuchenden Lichtquelle gebracht werden kann. Der inwendig geschwärzte Photometerkasten *c* enthält eine möglichst constante Lichtquelle, etwa eine Argand'sche Lampe, und ist mit einem Auszugsrohre *d* versehen, dessen äußere Oeffnung durch ein transparentes Papier-Diaphragma verschlossen ist. Dieses Diaphragma besteht in einem weißen, mit Stearinsäure getränkten Zeichenpapier, in dessen Mittelpunkte ein kleiner nicht getränkter Ring von dem Umfange einer Erbse frei gelassen ist. Um dies zu bewerkstelligen, legt man das Papier auf eine erwärmte Platte und reibt geschmolzene Stearinsäure (von einem Stearinlichte) in immer engeren Kreisen mit dem Finger darauf umher, bis noch eine kleine ungetränkte Kreisfläche übrig bleibt. Legt man in den Mittelpunkt dieser Kreisfläche ein Körnchen Stearin, während das Papier auf der heißen Unterlage liegt, so gelangt man leicht dahin, einen kleinen regelmäßigen ungetränkten Ring auf den gleichmäßig vom Stearin durchdrungenen Papiere herzustellen.

Betrachtet man das Diaphragma, während es durch eine möglichst constante Lichtquelle im Inneren des Kastens erhellet ist, von einem dunkeln Raume aus, so erscheint der ungetränkte Ring des Papiers schwarz auf weißem Grunde. Bringt man ein Licht vor das Diaphragma, so wird der dunkle Ring in dem Maße heller, als ihm das Licht näher und näher rückt, bis er in einer gewissen Entfernung völlig verschwindet, und bei noch größerer Näherung des Lichtes hell auf dunklerem Grunde wieder zum Vorschein kommt. Die Durchgangsphase, wo der Ring verschwindet, läßt sich daher sehr scharf bestimmen. Hat man den Photometerkasten der zu untersuchenden Lichtquelle so weit genähert, daß man den Ring auf dem Diaphragma nicht unterscheiden kann, daß er also weder heller noch dunkler erscheint, als der Grund, so erhält man das umgekehrte Intensitätsverhältniß der zu vergleichenden Lichtquellen, d. h. der im Kasten und derjenigen, welche von Außen her das Diaphragma bescheint, wenn man die Entfernung derselben vom Diaphragma mißt und auf's Quadrat erhebt.

Um die Intensität etwas verschieden gefärbten Lichtes zu vergleichen, reicht es hin, das Instrument weniger empfindlich zu machen, d. h. den Unterschied der Transparenz durch Anwendung eines dickeren Papieres zu verringern. Die Wirkung, welche dadurch erreicht wird, ist leicht ersichtlich. Denn denkt man sich z. B. die vordere Fläche durch röthliches Licht, die hintere aber durch weißes erhellet, so wird an den transparentesten Theilen stets eine größere Menge durchgelassenes rothes Licht durch weißes von der anderen Seite her ersetzt, während der weniger transpa-

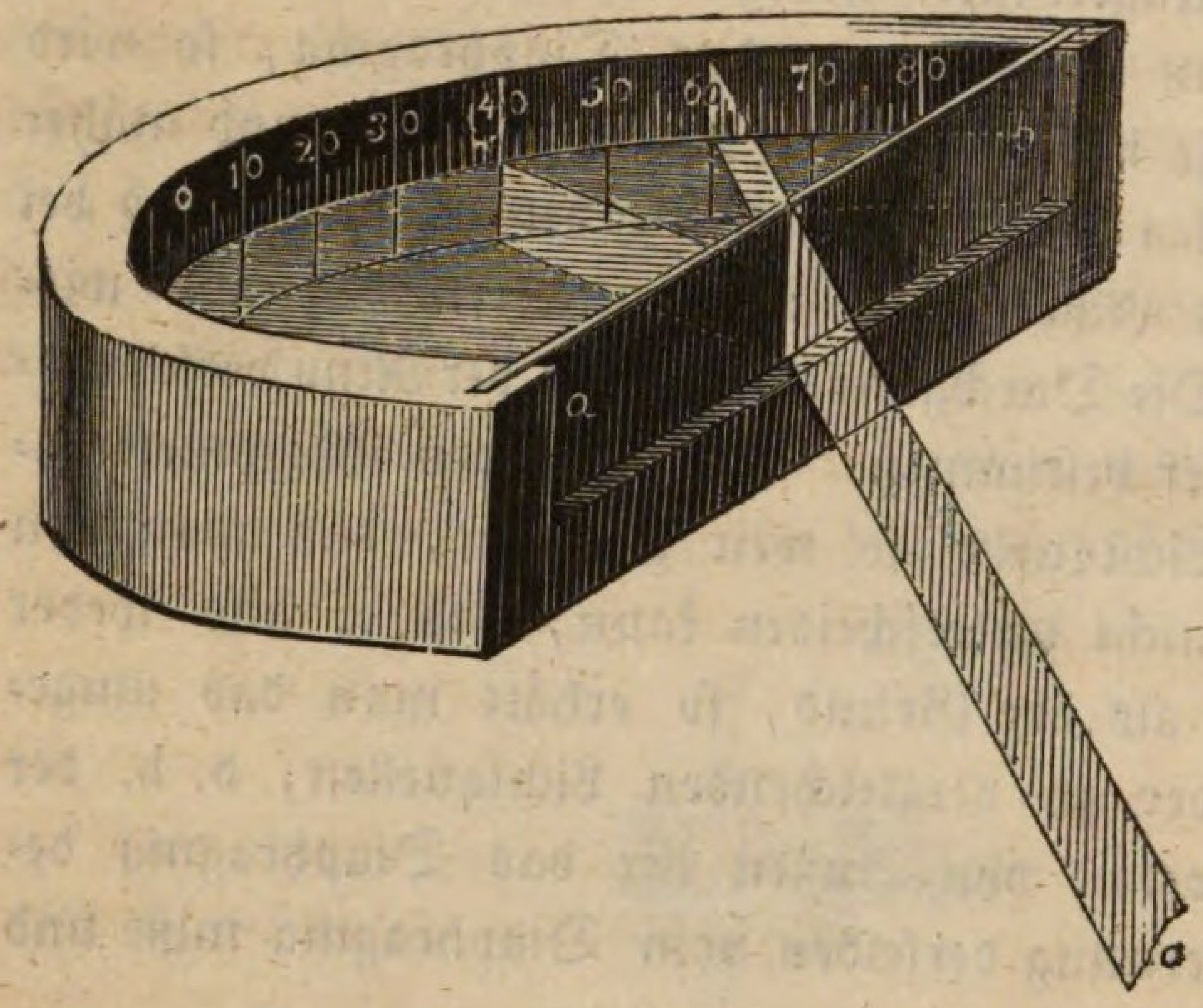
rente Theil weniger rothes Licht hindurchläßt, was durch weißes von hinten ersetzt wird. Der transparentere Theil erscheint daher stets etwas blasser roth gefärbt als der andere. Verringert man aber den Unterschied in der Durchscheinheit, so wird der Farbenunterschied für das Auge nach und nach verschwindend, während man den Uebergang von Hell in Dunkel noch deutlich wahrnehmen kann. Statt ein stärkeres Papier anzuwenden, ist es in solchen Fällen noch besser, das Diaphragma zwischen zwei mattgeschliffene Glasplatten zu bringen.

Apparat zur Demonstration des Brechungsgesetzes.

Um das Brechungsgesetz durch den Versuch zu begründen, ist der Apparat Fig. 21 sehr geeignet.

Ein zwei bis drei Zoll hohes Gefäß ist auf der einen Seite durch eine ebene Glasfläche *a b*, außerdem aber durch eine halbkreisförmige vertikale Wand begränzt. Die Glasfläche ist bis auf eine in ihrer Mitte befindliche Spalte von ½ bis 1 Linie Breite mit undurchsichtigem Papier zugeklebt oder angestrichen; die halbkreisförmige Rückwand ist im Inneren mit einer Gradtheilung versehen, deren Nullpunkt der Spalte gerade gegenüber liegt.

Fig. 21.



Dies Gefäß wird nun ungefähr bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt.

Bringt man nun ein Kerzenlicht in einiger Entfernung gerade vor den Spalt, so werden die durch denselben einfallenden Lichtstrahlen gerade den Nullpunkt der Theilung treffen. Bringt man aber das Licht auf die Seite, so werden die Lichtstrahlen, welche durch die Spalte in das Gefäß eindringen, im oberen und unteren Theile nicht an derselben Stelle die Rückenwand treffen. Der Theil des Lichtbündels, welcher im oberen Theile des Spaltes eindringt, setzt seinen Weg in gerader Linie fort, während die untere Hälfte des Lichtbündels beim Eintritt in das Wasser eine andere Richtung erhält und also auch an einer anderen Stelle die Rückwand trifft.

Nehmen wir an, man habe die Lichtquelle so weit auf die Seite ge=

rückt, daß das durch die obere Hälfte des Spaltes einfallende Licht gerade den Theilstrich 60 trifft, wie dies in unserer Figur dargestellt ist, so wird der untere Theil des Lichtbündels bei seinem Eintritt in das Wasser nach einem Punkte der Rückwand abgelenkt, welcher $40\frac{1}{2}^0$ weit vom Nullpunkt absteht.

Hätte das Licht so gestanden, daß durch die obere Hälfte des Spaltes der Theilstrich 30 beleuchtet worden wäre, so würde das im Wasser gebrochene Lichtbündel bei 22^0 die Rückwand getroffen haben.

Wäre das Licht durch die obere Hälfte des Spaltes, also stets in gerader Richtung fortgehend, auf 15^0 gefallen, so würde gleichzeitig der gebrochene Stahl auf $11\frac{1}{4}$ gefallen seyn u. s. w.

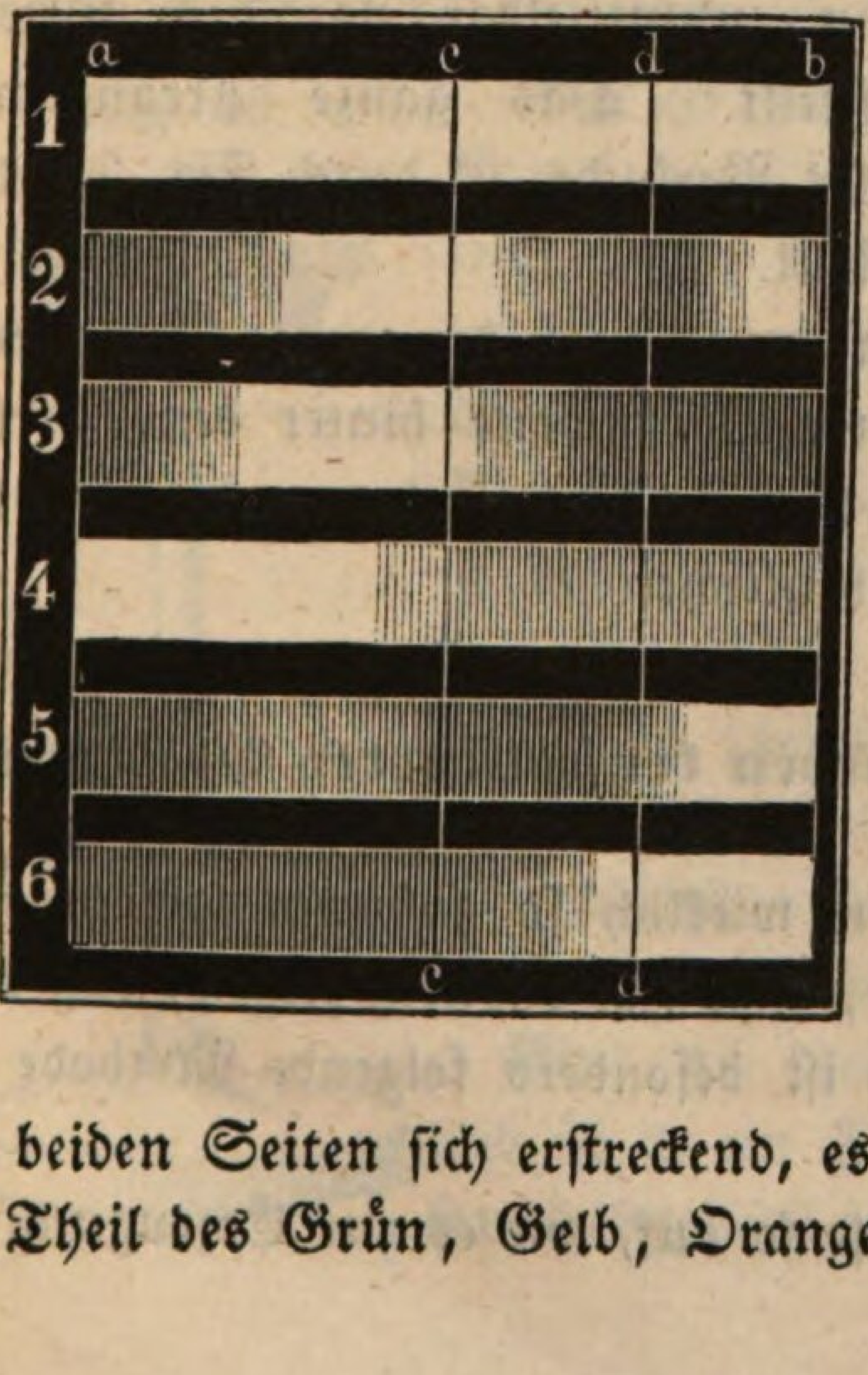
Prismatische Zerlegung der Farben durchsichtiger Körper.

Sehr schön lassen sich die Farben durchsichtiger Körper mittelst des Prismas analysiren; man lasse durch eine schmale Spalte ein Bündel Sonnenstrahlen in ein dunkles Zimmer fallen und fange dasselbe durch ein Flintglasprisma auf, so wird man auf einem Papierschirm ein schönes Farbenspectrum erhalten. Stellt man nun zwischen die Spalte und das Prisma den durchsichtigen farbigen Körper, so wird eine Absorption eintreten und ein größerer oder geringerer Theil des Spectrums erscheint nun ausgelöscht.

Um farbige Flüssigkeiten zu untersuchen, bringt man sie in ein durch zwei parallele Glaswände begrenztes Gefäß.

In Fig. 22 stellt der oberste weiße Streifen das Spectrum eines Flintglasprismas dar; bei *a* ist das violette, bei *b* ist das rothe Ende. Zwischen *c* und *d* liegt das Grün; also rechts von *d* Gelb, Orange und Roth, links von *c* Blau, Indigo und Violett. Läßt man nun die Lichtstrahlen, bevor sie auf das Prisma fallen, durch eine bis auf einen gewissen Grad verdünnte Auflösung von Indigo gehen, so erscheint das Spectrum, wie in Nr. 2; man sieht nun einen schmalen rothen Streifen und einen breiteren von der Gränze zwischen Blau und Grün nach den beiden Seiten sich erstreckend, es ist also absorbirt: das violette Ende, ein Theil des Grün, Gelb, Orange und ein Theil des Roth. Berliner

Fig. 22.



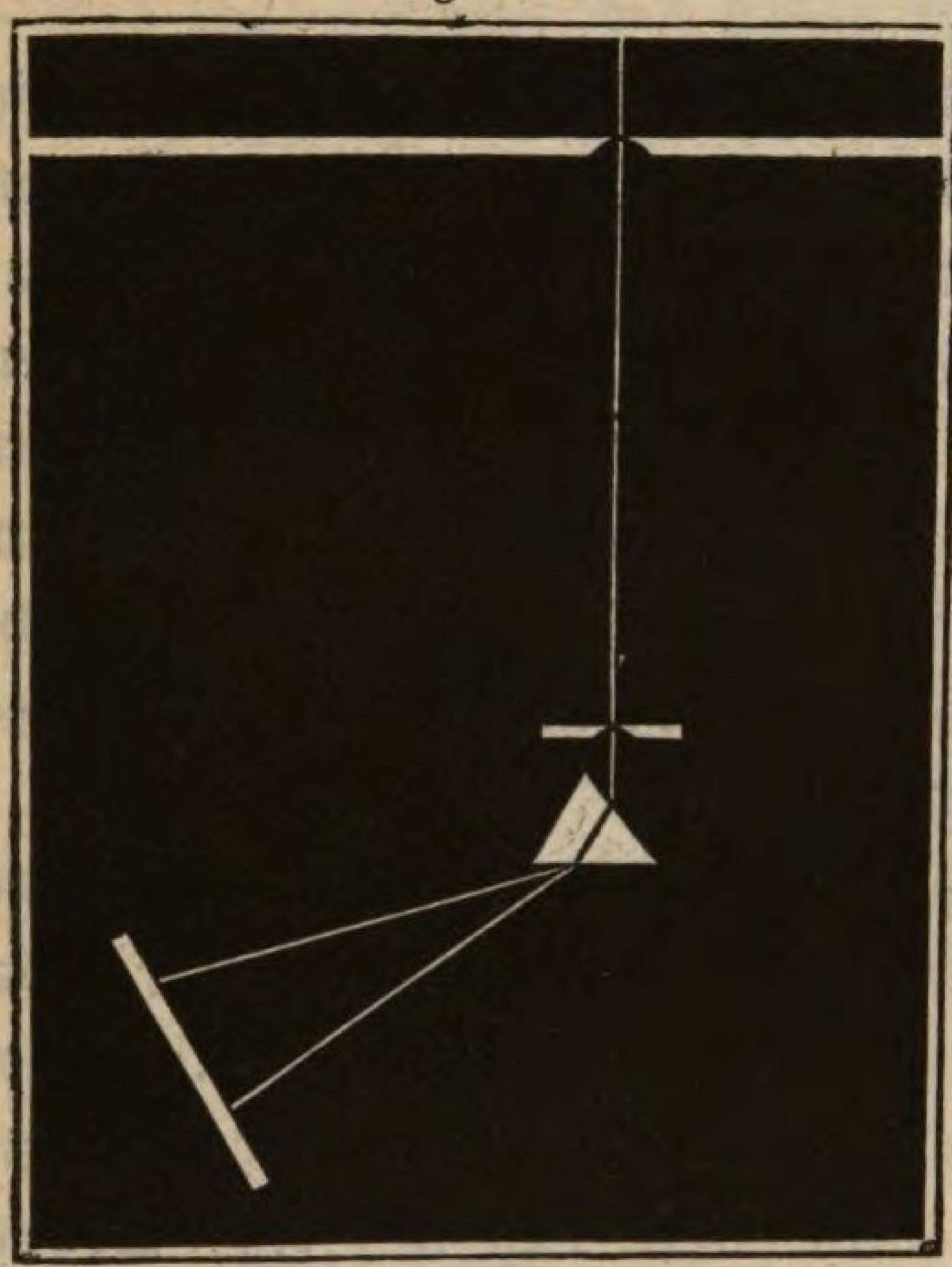
Blau in Oxalsäure aufgelöſ't, Nr. 3, läßt nur Blau und etwas Grün durch; ſchwefelſaures Kupferoxydammoniak, Nr. 4, abſorbirt Grün, Gelb, Orange und Roth; Karmin in Salmiak gelöſ't, Nr. 5, läßt nur Roth, etwas Orange durch, ſaures chromſaures Kali nur Roth, Orange, Gelb und etwas Grün.

Mit fortſchreitender Verdünnung der Löſung erweitern ſich die hellen Stellen, ſo daß auch die abſorbirten Parthien mehr und mehr hell werden.

Fraunhofer'ſche Linien auf einem Papierſchirm.

Auch auf einem Schirme, auf welchem man das Spectrum auffängt, kann man Streifen ſichtbar machen. Man laſſe durch eine etwa ½ Millimeter breite Spalte einen durch den Spiegel des Helioſtaten reflectirten Sonnenſtrahl in das dunkle Zimmer fallen und ſtelle das Prisma 6 bis 10 Schritt weit von der Spalte auf, ſo wird man leicht ein ſchönes Spectrum erhalten, und kann daſſelbe auf einem Schirme von halbdurchſichtigem Papiere, Durchzeichenpapier, auffangen. Hier ſieht man nun noch keine dunkle Streifen, es werden jedoch deren mehrere ſichtbar, ſobald man eine zweite Spalte, die aber etwas weiter ſeyn kann, unmittelbar vor dem Prisma aufſtellt. Das ganze Arrangement dieſes Verſuchs iſt durch Fig. 23 dargeſtellt.

Fig. 23.



Weit ſchöner wird das Spectrum, wenn man die zweite Spalte wegläßt und eine Linſe von ½ bis 1 Meter Brennweite hinter dem Prisma aufſtellt. Bei gehöriger Entfernung des Schirms ſind nun die Fraunhofer'ſchen Linien viel ſchärfer und deutlicher.

Prismatiſche Zerlegung der Farben kryſtalliſirter Plättchen.

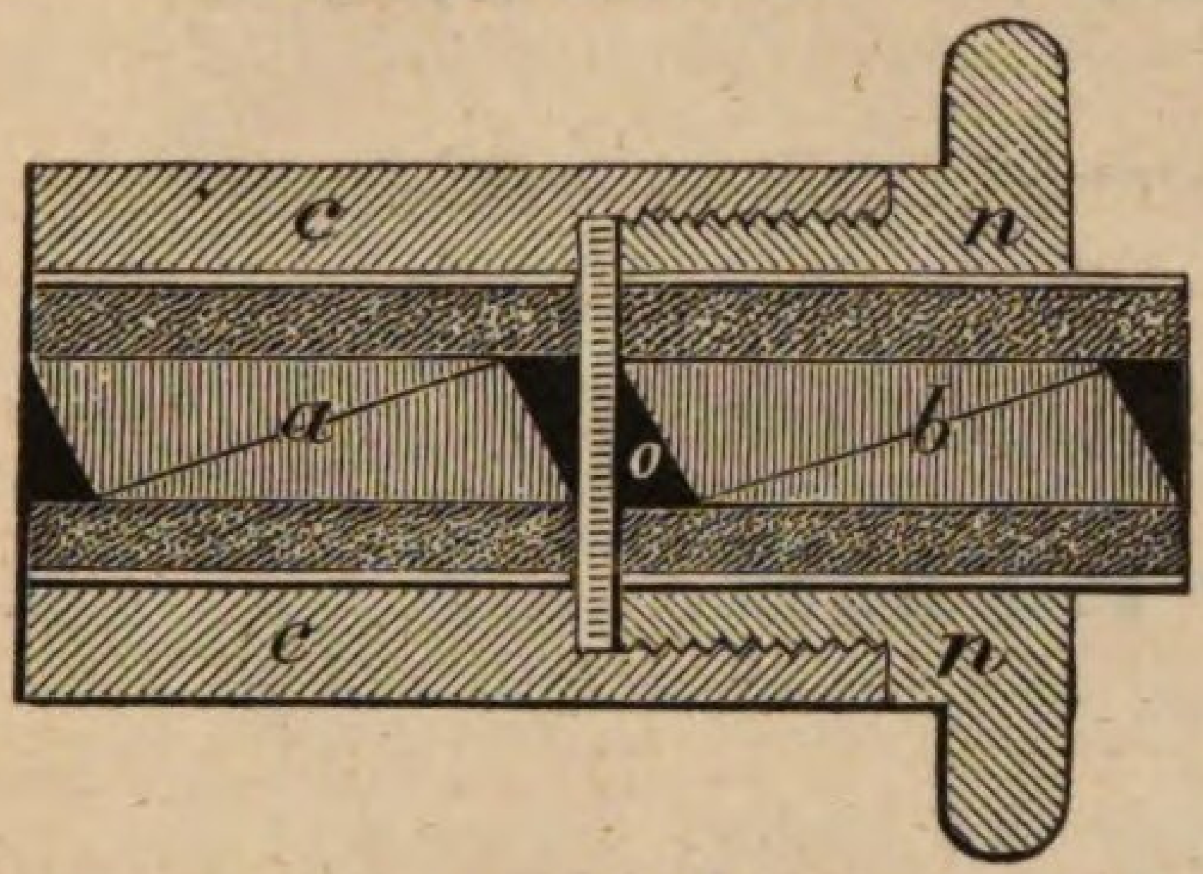
Daß die Farben der Gypsblättchen wirklich ſo zuſammengeſetzt ſind, wie es die Theorie Seite 570 angiebt, läßt ſich dadurch zeigen, daß man ſie mit dem Prisma analyſirt; dazu iſt beſonders folgende Methode geeignet.

Man ſtelle ein Prisma ſammt Linſe ſo auf, wie es zur Erzeugung der

Fraunhofer'schen Linien auf einem Schirme nöthig ist, nur kann die Spalte etwas weiter geöffnet seyn; wenn man ein schönes Spectrum auf dem Schirme hat, so stellt man dicht hinter der Spalte ein zwischen zwei Nicol'schen Prismen befindliches Gypsblättchen auf.

Das Gypsblättchen muß zwischen zwei runde Glasplatten gekittet seyn; um es bequem aufstellen zu können, muß es mit den beiden Nicol'schen Prismen in eine geeignete Holzfassung eingesetzt werden.

Fig. 24.



Eine solche zweckmäßige Fassung ist in Fig. 24 dargestellt. Das Nicol'sche Prisma *a* ist in einen Kork und dieser wieder in eine Messinghülse gesteckt; es ist dies die gewöhnliche Art, die Nicol'schen Prismen zu fassen. Das Prisma ist nun sammt seiner Fassung in einem hohlen Holzcylinder gesteckt, welcher auf der einen Seite noch vorragt und innen mit einem Schraubengewinde versehen ist; hier wird das zwischen zwei Glasplatten gekittete Gypsblättchen *o* eingelegt und dann im zweiten hohlen Holzcylinder *n* eingeschraubt, in welchem ein zweites Nicol'sches Prisma *b* steckt. Das Gypsblättchen muß in der gehörigen Lage gegen die Polarisationsebene des Prismas *a* eingelegt werden; das zweite Prisma *b* ist in seiner hölzernen Hülse leicht drehbar.

Den ganzen Apparat kann man in einen mit einem Stiele versehenen Holzring stecken, der auf ein geeignetes Statif paßt. Auf diese Weise kann man ihn leicht am gehörigen Orte aufstellen.

Fig. 25.

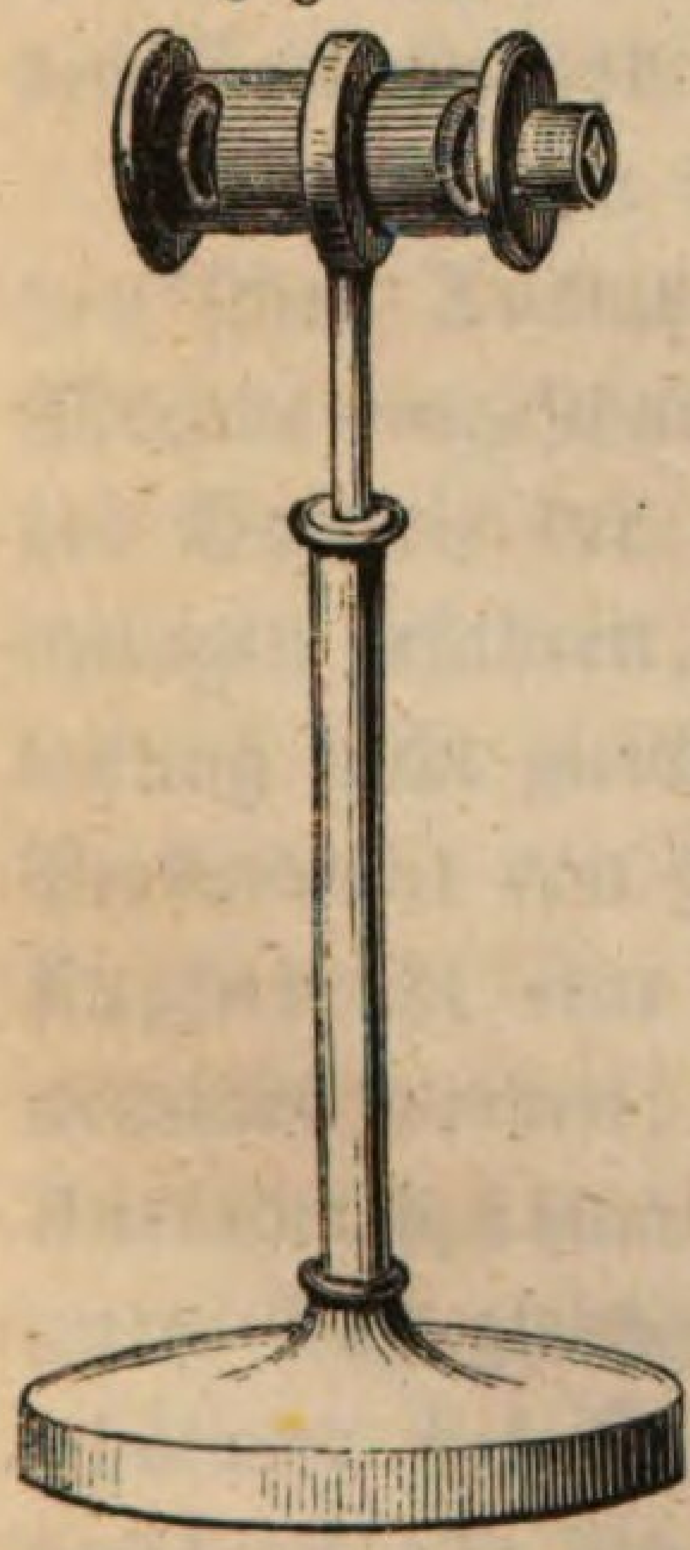


Fig. 25 stellt die ganze Vorrichtung sammt ihrem Statif dar; der hier dargestellte Apparat weicht von dem in Fig. 165 im Durchschnitte gezeichneten nur dadurch ab, daß die mittlere Hülse auf jeder Seite eine Vorragung hat, in welche man eine Hülse mit einem Nicol'schen Prisma einschrauben kann, während dies in dem Apparat Fig. 24 nur auf der einen Seite der Fall ist. Man kann auf diese Weise das Licht, welches durch zwei Nicol'sche Prismen in ein dazwischenliegendes Gypsblättchen gegangen ist, durch ein zweites Gypsblättchen und dann abermals durch ein Nicol'sches Prisma leiten.

Sind die beiden Nicol'schen Prismen gekreuzt und ist in ein Gypsblättchen eingelegt, welches violett (dunkelpurpur) der zweiten Ordnung zeigt, so erscheint

ein dunkler Streifen im Gelb des Spectrums, ist das Gypsblättchen roth der dritten Ordnung, so erscheint ein dunkler Streifen im Blau, für grün vierter Ordnung ein dunkler Streifen im Blau und ein zweiter an der Gränze zwischen Roth und Orange.

Je dicker die Gypsblättchen sind, um so mehr dunkle Streifen erscheinen im Spectrum, zugleich aber wird die Farbe der Blättchen immer unscheinbarer; ein Blättchen, welches drei dunkle Streifen zeigt, ist schon fast ganz weiß. Wenn die Gypsblättchen dick genug sind, so ist die Zahl der Streifen sehr groß und die Streifen selbst sind alsdann sehr fein.

Zweiter Band.

Von der Elektricität.

Wirkungen des Entladungsschlages.

Demjenigen, was auf Seite 102 und 103 des zweiten Bandes der zweiten Auflage über die Wärmeerzeugung durch den Entladungsschlag gesagt wurde, ist noch Folgendes hinzuzufügen.

Wenn der Draht in der Thermometerkugel unverändert bleibt, so wird bei Entladung derselben elektrischen Ladung die Erwärmung des Drahtes in der Kugel um so geringer, je länger man den Schließungsbogen macht und je dünnere Drähte man in denselben einschaltet; es ist dies wohl, wie Rieß sehr wahrscheinlich gemacht hat, nur die Folge davon, daß durch Einschaltung von dünnen Drähten sowohl als auch durch Verlängerung des Schließungsbogens die Entladung verzögert wird.

Wenn in den Schließungsbogen der Reihe nach mittelst eines Henley'schen Ausladers gleich lange und gleich dicke Drähte verschiedener Metalle eingeschaltet werden, so wird durch Entladung gleicher Ladungen der Batterie der Draht in der Thermometerkugel sehr ungleiche Erwärmungen erfahren, die eingeschalteten Drahtstücke verzögern also die Entladung nicht gleich stark. Hat man einmal einen Kupferdraht, dann einen Platindraht von gleicher Länge und Dicke eingeschaltet, so wird für den Kupferdraht eine stärkere Erwärmung in der Thermometerkugel wahrgenommen werden; wenn man aber bei gleicher Dicke den Platindraht im Auslader 6,44mal kürzer macht als den Kupferdraht, so beobachtet man unter sonst gleichen Umständen für beide eine gleich ungleiche Temperaturerhöhung des Platindrahtes in der Thermometerkugel; ein Platindraht verzögert also die elektrische Entladung gerade eben so stark, wie ein gleich

dicker, 6,44mal längerer Kupferdraht, der Platin hat also eine 6,44mal stärkere Verzögerungskraft als das Kupfer, oder auch die Leitungsfähigkeit des Platins ist 6,44mal geringer als die des Kupfers.

Rieß hat die Leitungsfähigkeit verschiedener Metalle durch zahlreiche Versuche ermittelt, welche sich auf das eben angedeutete Princip stützen. Wir werden weiter unten ausführlicher von dem Leitungsvermögen der Metalle reden.

Es sind schon früher im Allgemeinen die Wirkungen angeführt worden, welche ein starker Entladungsschlag hervorbringt, wenn er durch einen dünnen Metalldraht hindurchgeführt wird. Auch diese Effecte hat Rieß einer genaueren Prüfung unterworfen und hat gezeigt, daß die Schmelzung nicht eine directe Wirkung der Erwärmung durch den Entladungsschlag seyn kann. Von seinen Beobachtungen der Temperaturerhöhung etwas dickerer Drähte für schwächere Ladungen ausgehend, konnte Rieß die Temperaturerhöhung eines dünnen Drahtes bei stärkerer Ladung berechnen, es ergab sich durch diese Rechnung 211° für die Temperaturerhöhung eines Platindrahtes für einen Entladungsschlag, welcher den Draht schmolz. Eine solche Temperatur ist aber nicht zum Glühen, viel weniger zum Schmelzen des Platins hinreichend; das Metall schmilzt schon, ehe es durch Steigerung seiner Temperatur schmelzen würde, in der Schmelzung erkennt deshalb Rieß eine elektrische Wirkung, die von der Erwärmung durch Elektricität getrennt ist.

Bei fortgesetzter Steigerung der Ladung treten noch vor dem Eintreten des Glühens eine Reihe von Erscheinungen am Drahte auf, welche auf ein gewaltsames Eindringen, auf eine mechanische Wirkung von Elektricität hindeuten. Der Draht wird sichtbar erschüttert, es treten kleine Funken an seinen Enden auf, es werden von seiner Oberfläche Theilchen losgerissen, die sich in Gestalt eines dichten Dampfes von ihm erheben, der Draht erhält scharfe Einbiegungen, die mit der Stärke der Ladung an Zahl und Stärke zunehmen, endlich bei immer mehr gesteigerter Ladung wird er rothglühend, weißglühend, er wird zerrissen und zersplittert. Bei Platindrähten zeigen die Stücke oft noch gar keine Schmelzung, die erst bei noch stärkeren Ladungen auftritt; die Zerreißung geht also der Schmelzung voran. Bei leicht oxydirbaren Metallen steigert sich die Temperatur noch durch Aufnahme von Sauerstoff, und diese erhöhte Temperatur erleichtert dann auch die Schmelzung. Ueberall, wo die elektrische Schmelzung eintritt, ist eine mechanische Trennung der geschmolzenen Masse sichtbar, die Schmelzung kann daher nur als Wirkung der Hitze auf sehr fein zertheiltes Metall betrachtet werden. Die Elektricität schmilzt die Metalle durch gleichzeitige Zersplitterung und Erhitzung.

Vom Galvanismus.

Die wichtigsten Formen der galvanischen Kette sind in der ersten Auflage schon ziemlich ausführlich beschrieben, sie hat jedoch in der letzten Zeit manche wichtige Verbesserung erfahren, so daß auch hier begreiflicher Weise Nachträge zu machen sind.

Die Form der Grove'schen Batterie, wie sie Seite 142 beschrieben ist, ist sehr unbequem. Eine weit bequemere Form derselben ist in Fig. 26 und 27 dargestellt.

Fig. 26.

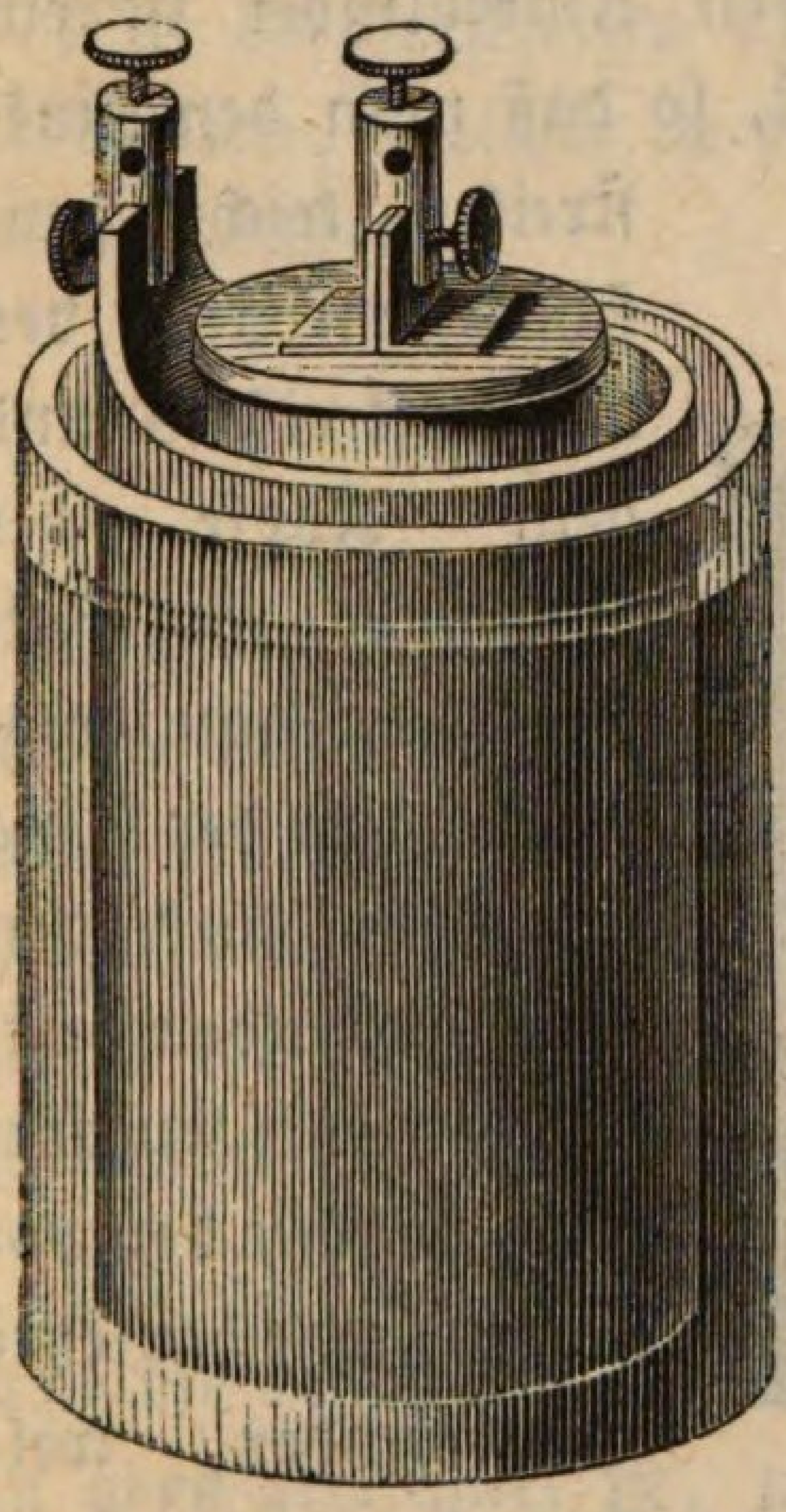
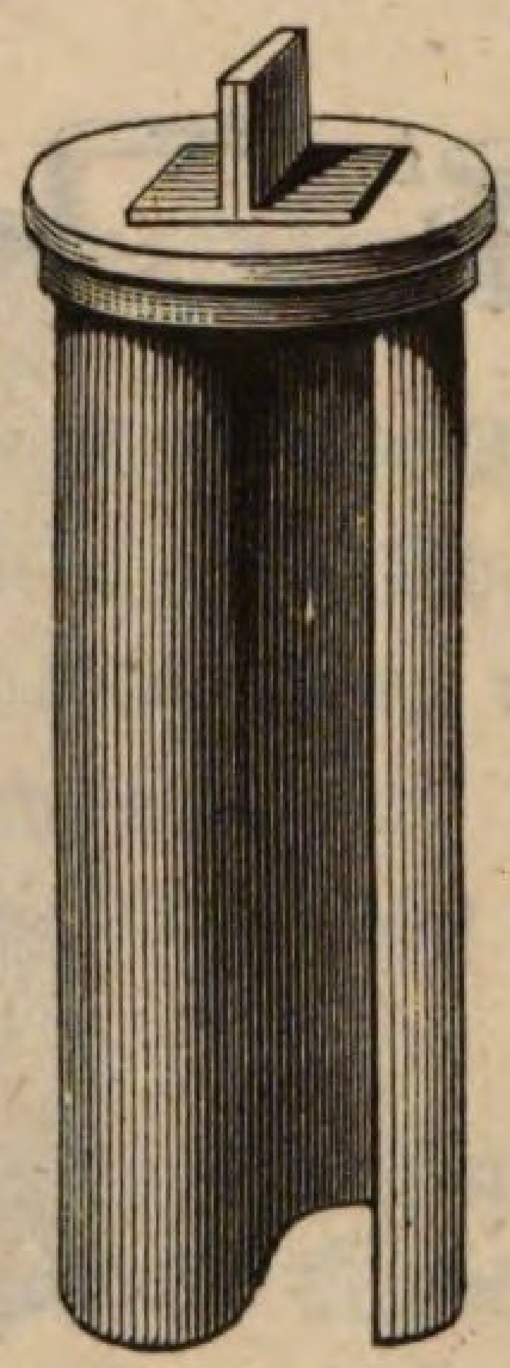


Fig. 27.

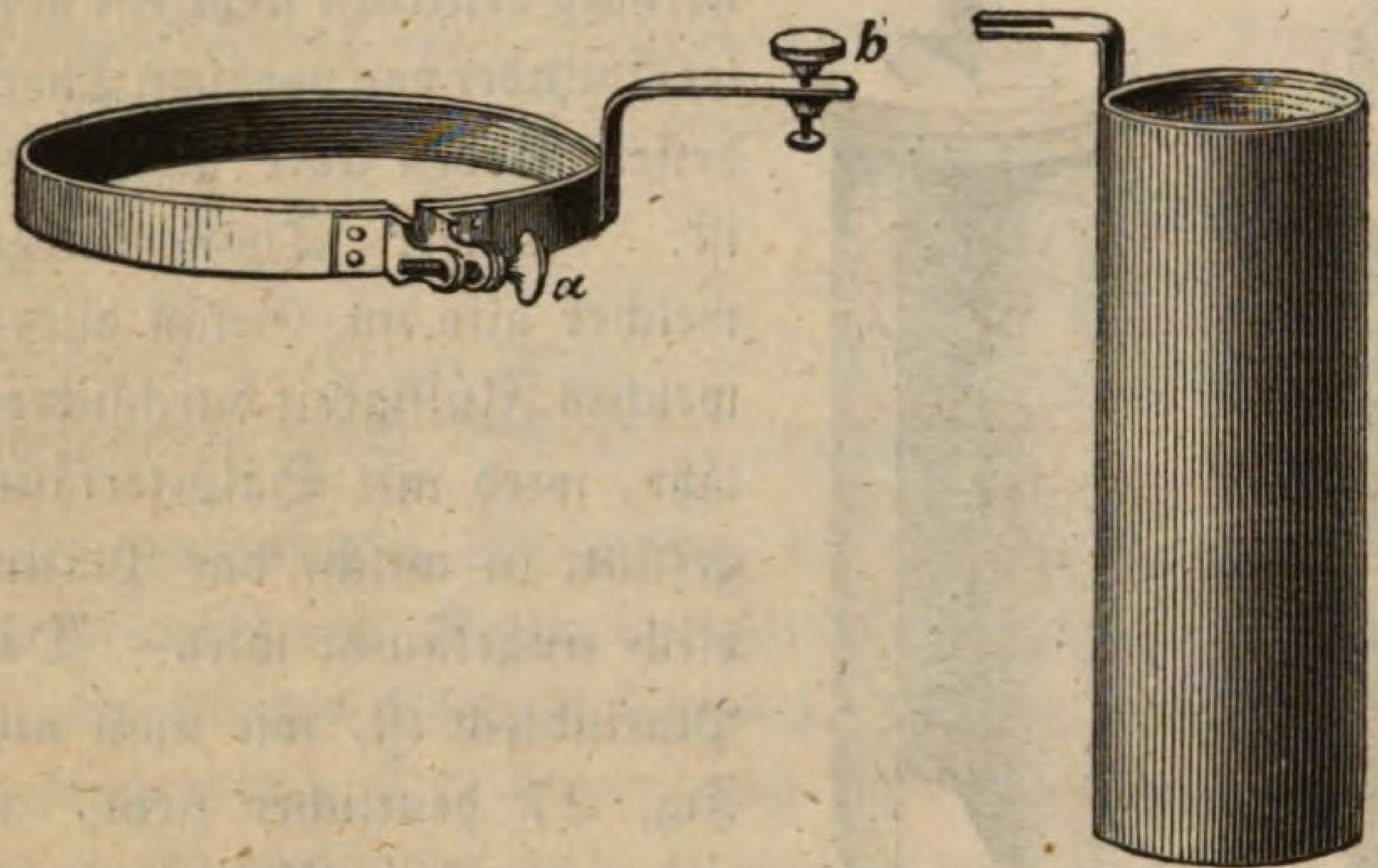


In einem runden Glasgefäße, welches verdünnte Schwefelsäure enthält, steht der hohle Zinncylinder z. Innerhalb desselben steht ein hohler Cylinder von porösem Thon, dessen Boden aber geschlossen ist. Dieser Thoncylinder, welcher also ein Gefäß bildet, welches Flüssigkeit durchsickern läßt, wird mit Salpetersäure gefüllt, in welche das Platinblech eingetaucht wird. Das Platinblech ist, wie man aus Fig. 27 deutlicher sieht, an einem runden Brettchen befestigt, welches gleichsam den Deckel für die Thonzelle bildet. In diesem Deckel steckt ein Stückchen Kupferblech, an welchem unten das Platinblech befestigt ist, während oben eine Messingklammer aufgeschraubt wird. Eine ähnliche Messingklammer sitzt auf dem Zinkcylinder. Diese Klammern haben oben runde Löcher, in welche man Draht einstecken und durch die obere Schraube fest einklemmen kann; mit Hülfe dieser Klammer kann man nun leicht das Platinblech des einen Elementes mit dem Zink des folgenden verbinden und so die einzelnen Elemente gleichsam zur Säule vereinigen. Verbindet man dagegen durch einen Kupferdraht alle Zinkcylinder, durch einen zweiten alle Platinbleche, so erhält man eine Combination, welche wirkt wie ein Element von sehr großer Oberfläche.

Auch die Bunsen'sche Batterie hat bedeutende Verbesserungen erfahren.

Bei der auf Seite 143 beschriebenen Einrichtung der Bunsen'schen Kette ist es ein Uebelstand, daß der Zinkcylinder in dem einen Glase mit dem Ringe, welcher die Kohle des nächsten Glases umfaßt, in fester Verbindung steht; dadurch wird es nämlich unmöglich, irgend einen Zinkcylinder aus der Flüssigkeit herauszuheben, ohne die ganze Kette vom negativen Pole an auseinander zu nehmen; alsdann ist es bei dieser Einrichtung unmöglich, die einzelnen Elemente unter sich so zu combiniren, daß alle Kohlencylinder und dann alle Zinkcylinder mit einander verbunden sind, so daß man gleichsam ein Element von sehr großer Oberfläche erhält. Diese Nachtheile werden durch folgende Einrichtung gehoben. Statt des Zinkringes *a* in Fig. 134 wird ein Kupferring, welcher Fig. 28 dargestellt ist, um den Kohlencylinder gelegt, und ein festes Anschließen durch die Schraube *a* bewirkt; an diesen Kupferring ist ein Kupferstreifen angenietet, an dessen Ende sich eine Schraube *b* befindet. An den Zinkcylinder ist ein Kupferbügel angelöthet, dessen Ende eingeschlitzt ist, so daß man den Zinkstreifen leicht zwischen dem Ende des Kupferstreifens und dem Kopfe der Schraube *b* festklemmen kann, wodurch dann der Ring mit dem Zinkcylinder verbunden ist.

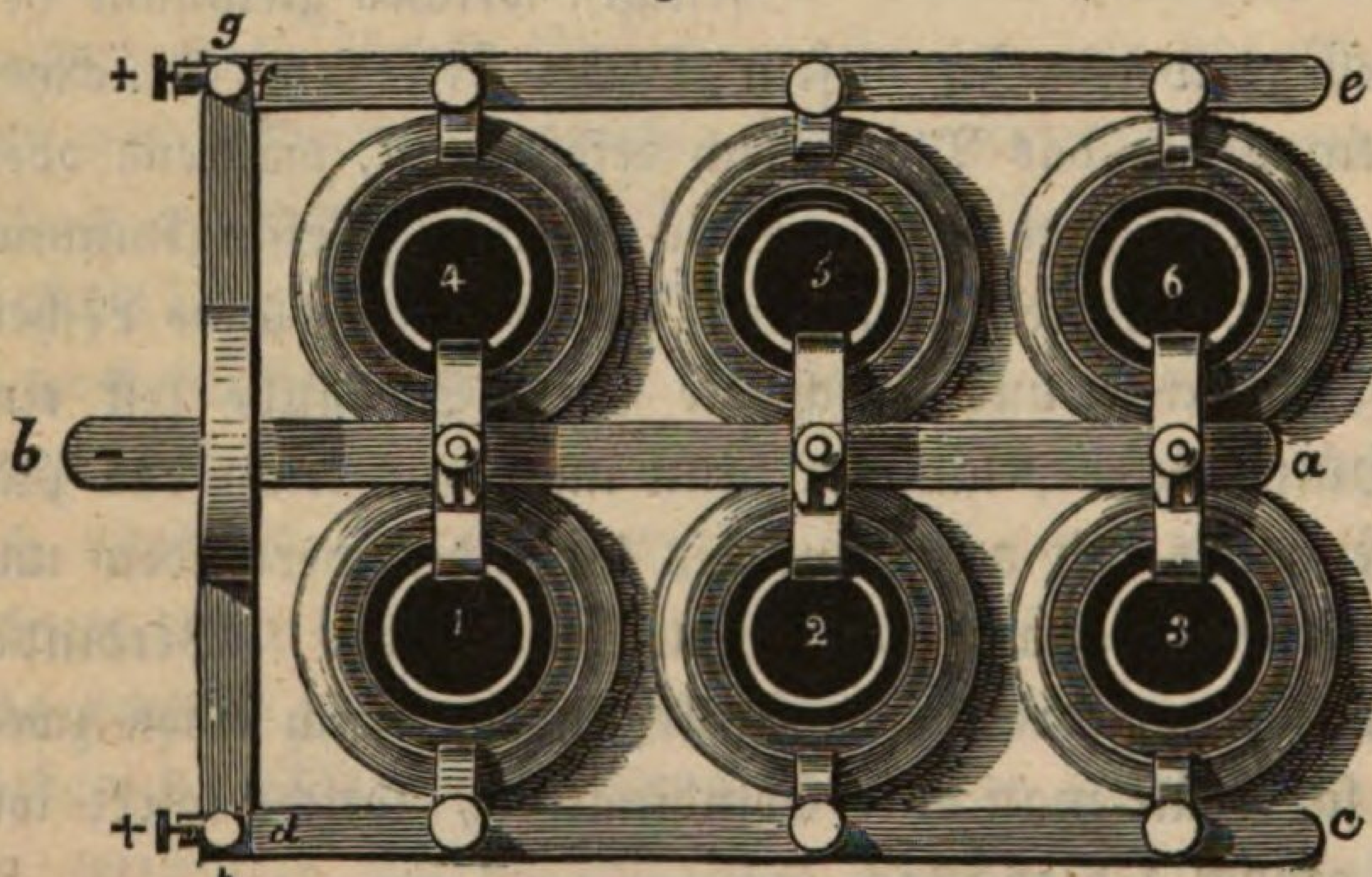
Fig. 28.



Der letzte Kupferring, welcher den positiven, und der letzte Zinkcylinder, welcher den negativen Pol bildet, sind mit längeren Kupferstreifen versehen.

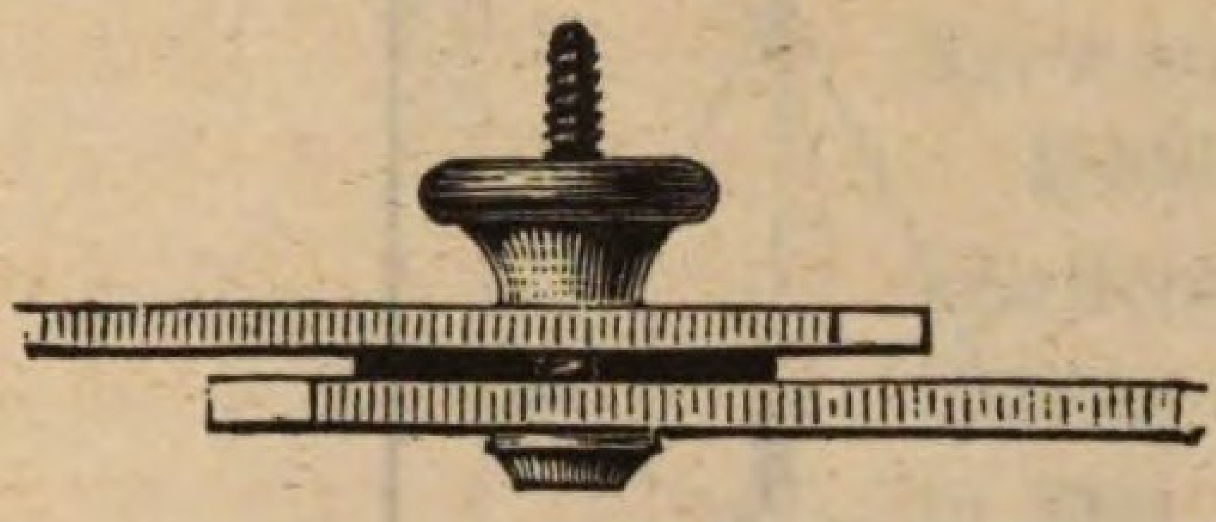
Fig. 29 zeigt 6 Elemente, welche so verbunden sind, daß einerseits alle Kohlen-, und andererseits alle Zinkcylinder verbunden sind, eine Combination welche ebenso wirkt,

Fig. 29.



wie ein einziges Element von 6facher Oberfläche. In Fig. 30 sieht man deutlicher, auf welche Weise der Kupferstreifen *a b* zwischen die Kupferbügel je zweier Zinkcylinder eingeklemmt ist. Der Kupferstreifen *cd* ist zwischen den Enden der an den Kupferringen der Elemente 1, 2 und 3 befestigte Kupferstreifen eingeklemmt; auf dieselbe Weise verbindet der Kupferstreifen *ef* die Kohlen der Elemente 4, 5 und 6. An den Stellen, wo die Kupferstreifen *cd* und *ef* eingeklemmt werden, sind sie natürlich rechtwinklig auf ihre Längenrichtung bis zur Mitte eingeschlitzt, ähnlich wie dies bei den Kupferbügel der Fall ist, welche sich an den Zinkcylindern befinden.

Fig. 30.



Der Kupferstreifen *ef* ist endlich mit *cd* durch einen Kupferstreifen *gh* verbunden, welcher in der Mitte in die Höhe gebogen ist, damit er *a b* nicht berührt.

Die Tangentenboussole.

Fig. 31 stellt eine einfachere Form der Tangentenboussole dar, als die, welche auf Seite 171 beschrieben ist. Ohne vor der Hand die Einrichtung des Apparates näher zu betrachten, wollen wir untersuchen, welche Beziehung zwischen der Stromstärke und dem Ablenkungswinkel besteht, wenn die Ebene des Kupferrings mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt.

In Fig. 32 stelle der schattirte Streifen den Ring von oben gesehen, *am* die durch den Strom abgelenkte Nadel dar, welche hier freilich etwas zu groß gezeichnet ist, um die Figur nicht undeutlich zu machen. Wenn die Nadel klein ist gegen den Durchmesser des Kreises, so ist die Spitze der abgelenkten Nadel nicht merklich weiter vom Kupferring entfernt, als wenn sie gar nicht abgelenkt wäre, man kann also diese Zunahme der Entfernung ganz unberücksichtigt lassen.

Es greifen nun aber an der Spitze der Nadel zwei Kräfte an, die magnetische Erdkraft ab, in der Richtung des Meridians wirkend, strebt die Nadel in die Ebene des Ringes zurückzuführen, der Strom aber hat ein Bestreben, die Nadel rechtwinklig auf den magnetischen Meridian zu stellen, er wirkt in der Richtung ac auf die Spitze der Nadel. Die rechtwinklig auf die Richtung der Nadel wirkenden Seitenkräfte von ab und ac sind nun ad und af, die Nadel wird in Ruhe seyn, wenn $ad = af$. Nun ist der Winkel $caf =$ dem Ablenkungswinkel v der Nadel, weil ca

auf dem magnetischen Meridian, *af* auf der Nadel rechtwinklig steht,

Fig. 31.

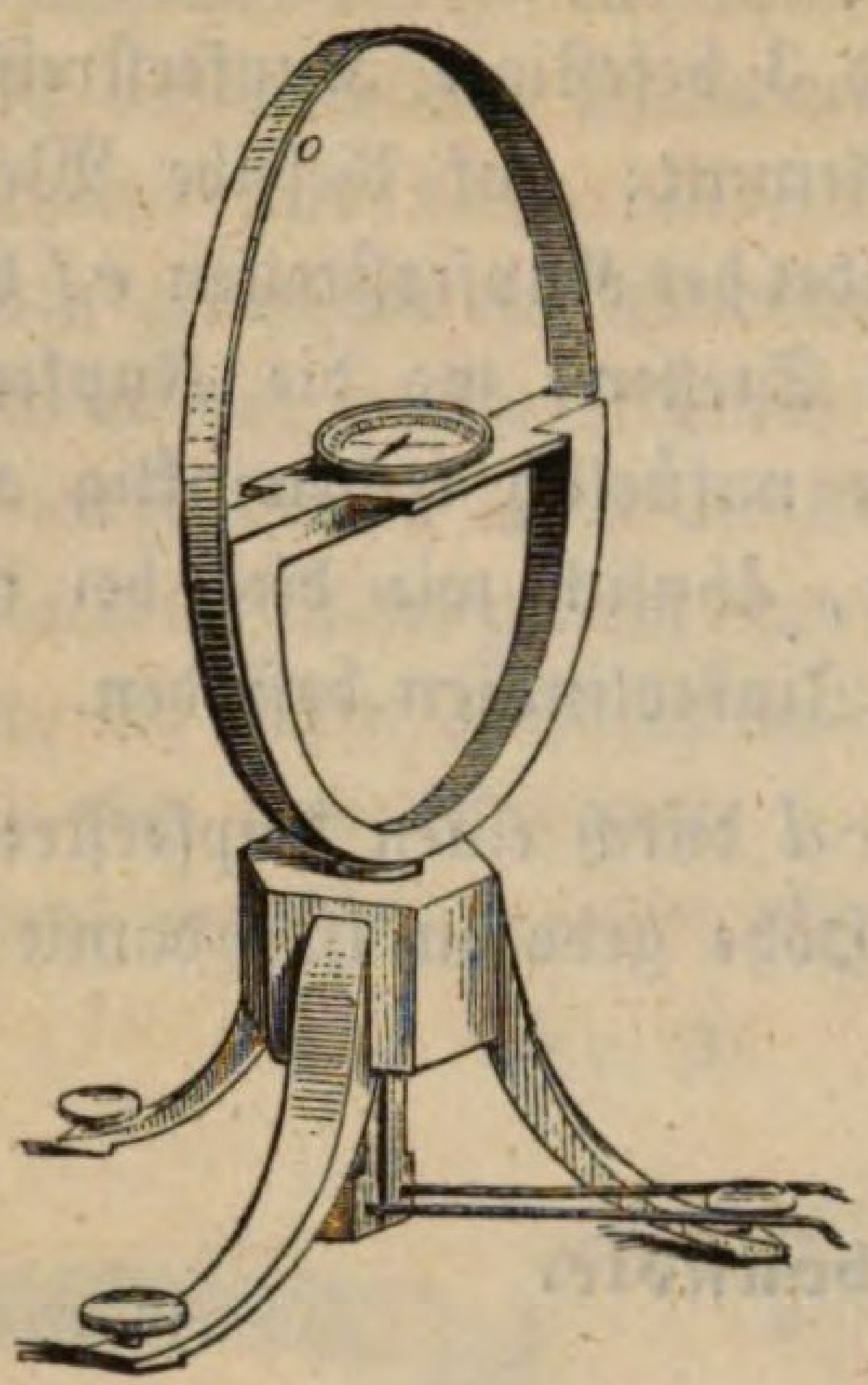
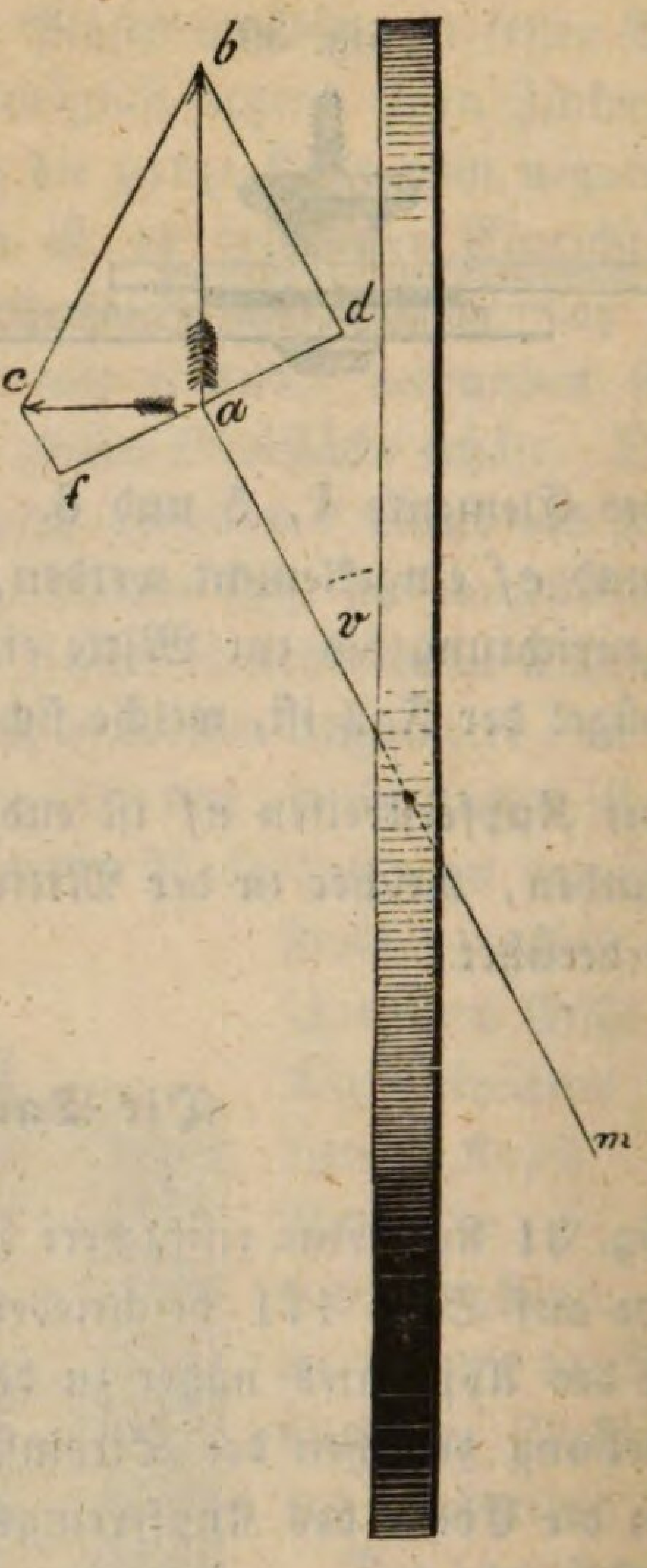


Fig. 32.



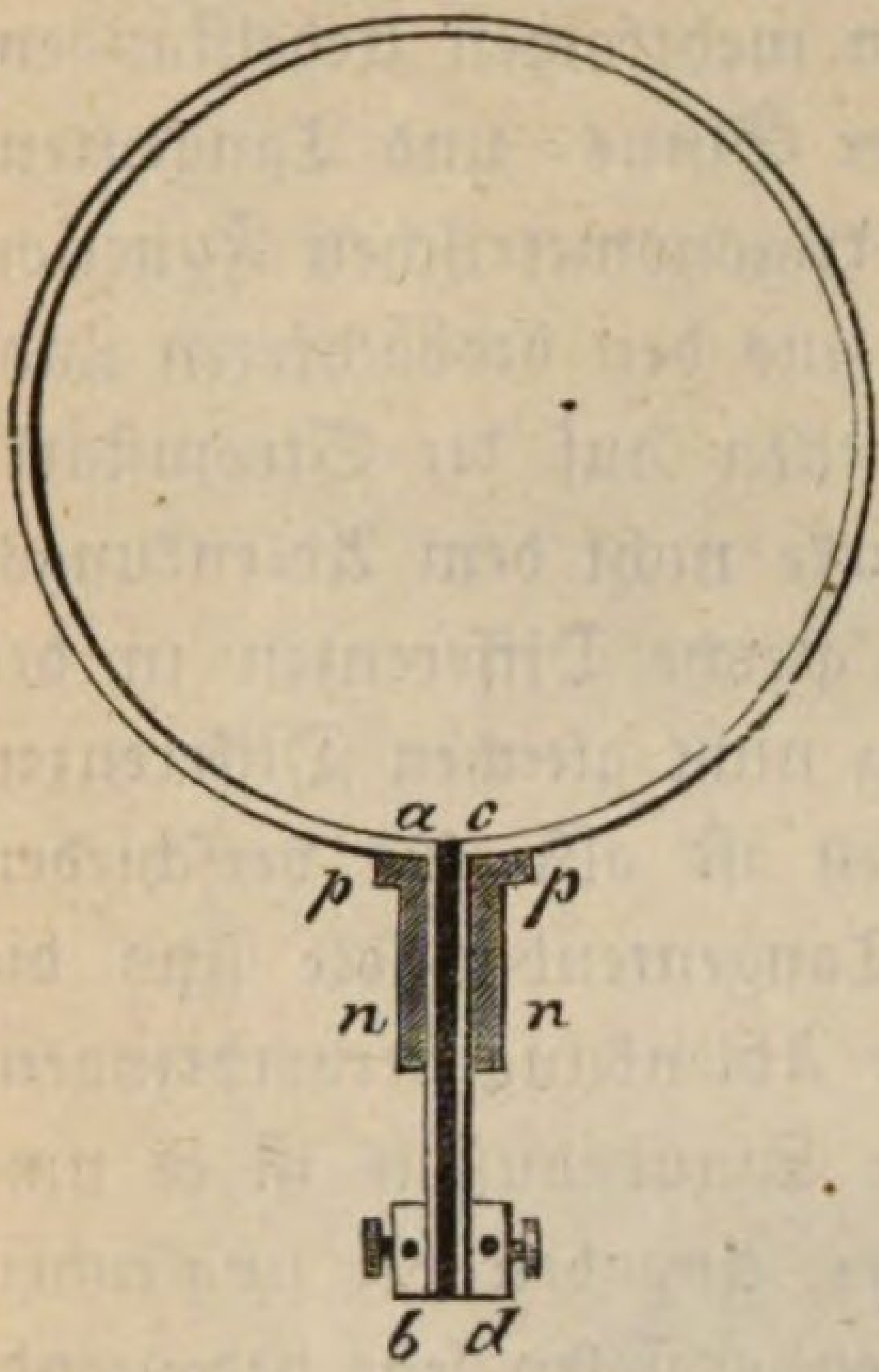
folglich ist $af = ac \cdot cos. v$. Ferner ist auch Winkel $abd = v$, weil ab mit dem magnetischen Meridian und bd mit der Nadel parallel ist und demnach ist $ad = ab \cdot sin. v$; da aber $ad = af$, so ist auch $ac \cdot cos. v = ab \cdot sin. v$ oder $ac = ab \cdot tang. v$ oder endlich

$$S = R \cdot tang. v,$$

wenn man mit S die Stromkraft ac, mit R die magnetische Erdkraft bezeichnet. Bei diesem Instrumente ist also die Stromkraft der Tangente des Ablenkungswinkels proportional, daher der Name **Tangentenboussole**.

Die Einrichtung der Tangentenboussole ist aus Figur 33 deutlicher zu ersehen. Die beiden Enden ab und cd des ringförmig gebogenen Kupferstreifens laufen parallel neben einander her und sind durch einen isolirenden Streifen von Elfenbein oder trocknem Holze getrennt. Bei b und bei d ist ein Messingstück angesetzt, in welches man die von den beiden Polen der Kette kommenden Leitungsdrähte einschraubt. Wenn der positive

Fig. 33.



Strom bei b eintritt, so geht er von b nach a, von da im Ring herum nach c, von c nach d, um von da zum negativen Pol der Kette zu gehen.

Dicht unter $a\,c$ gehen die parallelen Kupferstreifen sammt dem sie trennenden Holzstreifen durch einen Holzcylinder nn hindurch, in dem sie ganz feststecken, und welcher oben mit einer etwas breiteren Platte pp endigt. Dieser Holzcylinder nn paßt genau in eine Höhlung des Statifs, die Platte p verhindert ein zu tiefes Einsinken in diese Höhlung. Der Holzcylinder nn läßt sich nun sammt dem Kupferring mit sanfter Reibung um seine vertikale Axe umdrehen, wodurch es leicht wird, den Ring genau so zu richten, daß seine Ebene in den magnetischen Meridian fällt.

Die Magnetnadel kann etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll lang seyn und der Durchmesser des Ringes 8 bis 16 Zoll betragen.

Die Länge der Nadel darf höchstens $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ des Ringdurchmessers betragen; je kleiner sie im Vergleich zu diesem ist, desto genauer ist die Stromkraft der Tangente des Ablenkungswinkels proportional. Je kleiner aber die Nadel wird, desto kleiner wird auch die Theilung, auf welcher man die Ablenkung abliest, wenn der Radius des getheilten Kreises der halben Länge der Nadel gleich ist. Um aber, wenn große Genauigkeit gefordert wird, eine kleine Nadel mit einem großen Theilkreise zu verbinden, befestigt man an die Nadel feine Glasfäden, wo möglich von dunkelfarbigem Glase, so daß sie in der Verlängerung der magnetischen Axe der Nadel liegen, und bis zu der Theilung hinreichen. Am leichtesten läßt sich dies machen, wenn der Querschnitt der Nadel die Gestalt Fig. 34 hat, so daß man die Glasfäden in der Rinne auf der oberen Seite der Nadel einlegen und ankitten kann.

Fig. 34.

Eine sehr genaue Ablesung wird auch dadurch möglich, daß der Boden der Boussole ein Spiegel ist; das Auge ist nur dann in die zum Ablesen richtige Stellung, wenn die Spitze der Nadel mit ihrem Spiegelbilde zusammenfällt.

Mohr's Torsionsgalvanometer.

Die Sinusboussole sowohl als auch die Tangentenboussole, welche die

einzigen Instrumente sind, welche man bis jetzt zur Messung der galvanischen Stromstärke anwandte, leiden noch an mehrfachen Uebelständen. Die Stromstärke ist bekanntlich nicht der an der Sinus- und Tangentenboussole abgelesenen Gradzahl, sondern einer trigonometrischen Function dieser Gradzahl proportional, man kann also aus den beobachteten Zahlen nur mit Hülfe von trigonometrischen Tabellen auf die Stromstärke schließen. In Folge davon, daß die Stromstärke nicht dem Ablenkungswinkel proportional ist, entsprechen nun auch gleiche Differenzen in der Gradzahl an verschiedenen Stellen der Theilung nicht gleichen Differenzen der Stromstärke; die Genauigkeit der Angaben ist also für verschieden starke Ströme nicht mehr gleich. Für die Tangentenboussole sind die Angaben für Ströme, welche nur eine geringe Ablenkung hervorbringen, weit genauer als für stärkere Ströme; bei der Sinusboussole ist es umgekehrt. Die Ungleichheit der Genauigkeit der Angaben bei ungleichen Stromstärken ist namentlich bei den Tangentenboussolen sehr bedeutend, indem bei starken Ablenkungen eine sehr große Veränderung der Stromstärke doch nur eine unbedeutende Veränderung im Ablenkungswinkel zur Folge hat. Die Sinusboussole ist für stärkere Ströme gar nicht mehr anwendbar, weil die Nadel gar bald rechtwinklig auf dem Meridian steht. Von allen diesen Uebelständen ist Mohr's Torsionsgalvanometer frei, welches sich auch dadurch auszeichnet, daß seine Construction einfach und leicht auszuführen ist.

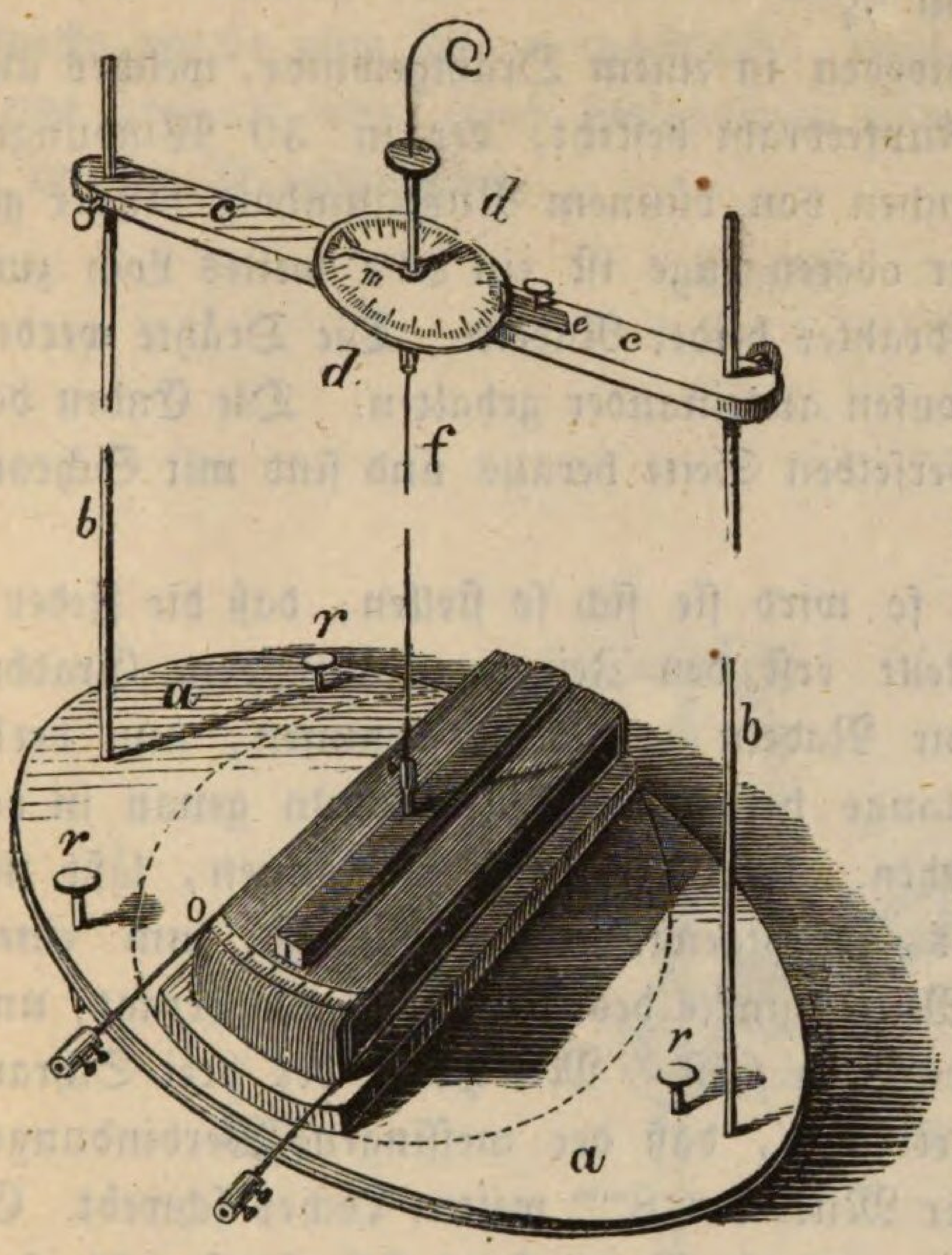
Bei der Aufsuchung einer passenden Torsionssubstanz traten mehrere Schwierigkeiten entgegen. Seidenfäden haben zu wenig Kraft, Glasfäden zerbrechen bei einigen Windungen, oder sind so dünn, daß sie keine starke Nadeln tragen. Drähte von Silber, Platin, Eisen haben nicht Elasticität genug, um nach mehreren Umdrehungen genau wieder auf 0 zu kommen. Die einzige allen Anforderungen entsprechende Substanz war eine gerade gestreckte Uhrfeder. Sie ist bei $1/2$ Meter Länge bis zu drei und vier ganzen Umwindungen vollkommen elastisch, d. h. sie kommt nach dem Nachlassen genau wieder auf 0 zurück; sie besitzt Festigkeit genug, um einer ansehnlichen Drehkraft zu widerstehen. Nachdem diese Substanz als tauglich befunden war, wurde die Anfertigung des ganzen Instrumentes unternommen.

Dasselbe ist in Fig. 35 abgebildet.

Auf einem ovalen Brette *aa* von Holz von 550mm und 320mm Durchmesser sind in einer Entfernung von 480mm zwei eiserne oder messingene Ständer *bb* von 10mm Dicke und 650mm Höhe aufgerichtet. Auf diesen Ständern bewegt sich das hölzerne Brettchen *cc*, dessen 3 Dimensionen 550mm, 60mm und 25mm sind. Es wird durch zwei Stellschrauben an die Ständer auf jeder beliebigen Höhe festgeklemmt. Die Mitte des Brett-

chens *cc* wird genau gesucht, und indem man es über die Ständer *bb* auf das Brett *aa* herabläßt, auch auf dieses genau übertragen. Das Gestell ist alsdann centrirt.

Fig. 35.



Auf dem Brettchen *cc* bewegt sich mit einem Ansatz in einem Loche ein Theilkreis *d* von 160^{mm} Durchmesser. Er hat eine Theilung in Grade und der Nonius giebt zehntel Grade an. Durch die Arretirung *e* kann er gestellt werden. Mitten durch den Theilkreis und das Brettchen *c* geht ein messingenes Röhrchen von 3^{mm} Oeffnung und geringer Wanddicke. Es trägt auf seiner Mitte den Zeiger mit Nonius *m*, und an seinem oberen Ende eine runde Scheibe mit gerieftem Rande von 50^{mm} Durchmesser, um mit der Hand erfaßt und gedreht zu werden. In das untere Ende der messingenen Röhre wird mit fester Reibung eine hohle Klammer eingeschoben, welche von außen durch eine in einem Ringe befindliche Schraube geschlossen werden kann. Durch die Klammer und die messingene Röhre und Griffscheibe geht die Uhrfeder hindurch und ragt nach oben heraus, um sie nöthigenfalls noch verlängern zu können. Auch kann man das messingene Röhrchen selbst zu einer Klammer einrichten, dadurch, daß man es aufsägt, die beiden Hälften mit eingelöthetem Halbcylinderchen von Messing ausfüllt, und nun einen Klemmring mit Schraube enge darüber schiebt.

An der Uhrfeder hängt ebenfalls mit einer Klemmschraube das Paar astatischer Nadeln. Sie sind aus gutem Stahle gefertigt und sehr hart gehärtet, damit sie ihre magnetische Kraft nicht verlieren. Ihre Form ist parallelipipedisch, ihre Dimensionen sind:

240^{mm}, 14^{mm} und 6^{mm}.

Ihre lichte Entfernung von einander ist 42^{mm}. Sie sind durch einen messingenen Draht verbunden, dessen Schraubengewinde in Muttern, die mitten in die Magnetnadel geschnitten sind, passen. Diese Nadeln haben einen ansehnlichen Körper, um genügende Drehkraft für die Uhr-

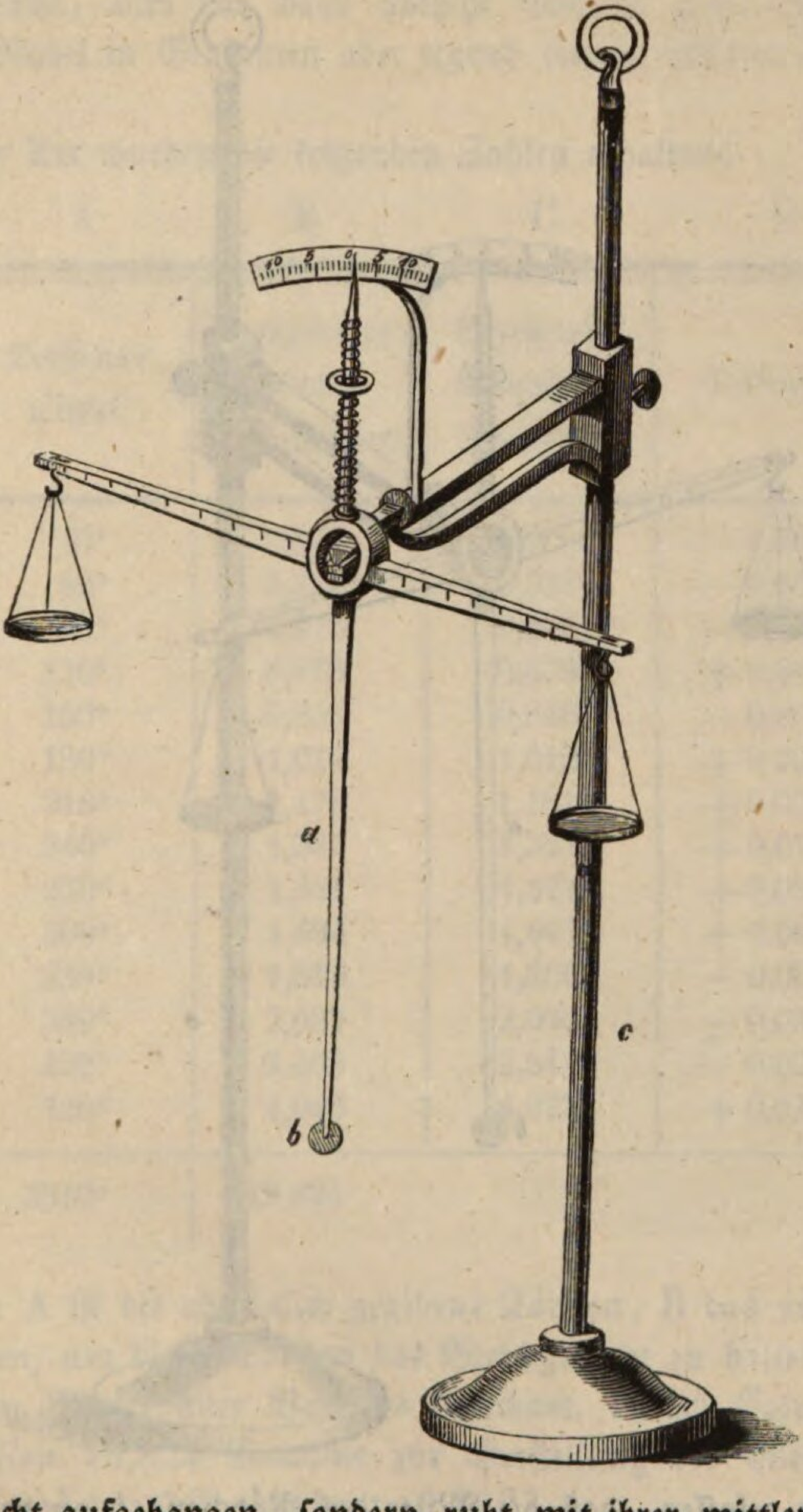
feder *f* erzeugen zu können. Sie werden möglichst stark magnetisirt. Die Uhrfeder hat eine freie Länge von $^1/_3$ bis zu $^1/_2$ Meter, eine Breite von $1^1/_2{}^{mm}$ und eine Dicke von $^1/_4{}^{mm}$.

Die astatischen Nadeln schweben in einem Drahtgewinde, welches aus 3^{mm} dickem übersponnenem Kupferdraht besteht, der in 30 Windungen über ein 100^{mm} breites Rähmchen von dünnem Nußbaumholz sauber gewickelt ist. In der Mitte der oberen Lage ist ein 8^{mm} weites Loch zum Durchgange des Verbindungsdrahtes beider Nadeln. Die Drähte werden hier durch Stücke von Korkstopfen auseinander gehalten. Die Enden des Leitungsdrahtes gehen nach derselben Seite heraus und sind mit Schraubenklammern versehen.

Da die Nadel astatisch ist, so wird sie sich so stellen, daß die Feder *f* keine Torsion hat. Man stellt erst den Zeiger *m* auf dem Gradbogen *d* auf Null und läßt die Nadeln zur Ruhe kommen, nun dreht man das Drahtgewinde so lange herum, bis die Nadeln genau in der Mitte des Gradbogens *o* stehen. Um dies leicht zu können, läßt sich das Brettchen, worauf das Drahtgewinde befestigt ist, um einen Stift drehen, der genau im Mittelpunkte des Brettes *a* hervorragt, und also senkrecht unter der Torsionsfeder *f* ist. Mit Hülfe der drei Schrauben *rrr* richtet man das Brett *a* so, daß der messingene Verbindungsdraht der beiden Nadeln in der Mitte des 8^{mm} weiten Loches schwebt. Er berührt dessen Wände nirgend, und die Nadel kann sich ebensowohl ohne Reibung drehen, als man auch das Drahtgewinde drehen kann, ohne die Nadel mitzunehmen. Den richtigen Stand der Nadel in der Ruhe, auf welchen sie bei jedem Versuche zurückgeführt werden muß, erkennt man an dem kleinen Gradbogen *o* auf Papier oder versilbertem Messing, welcher unter der Nadel auf das Drahtgewinde befestigt ist. Die vordere senkrechte Fläche der oberen Nadel ist glänzend polirt und trägt in der Mitte einen senkrechten Strich, der vor dem Härten hineingravirt oder geritzt wurde. Der mittlere Strich der Scala ist ebenfalls stark durchgezogen. In einer gewissen Höhe sieht man die Scala des Kreisbogens sich im Kopfe der Nadel spiegeln. Man sieht den Strich des Nullpunktes der Scala hinter dem Striche auf der Nadel sich hin und her bewegen, und die Nadel steht richtig, wenn sich beide Striche decken. Der Gebrauch des Instrumentes ist nun folgender: Man läßt den zu messenden Strom durch die Drahtleitung kreisen. Dadurch werden die beiden Nadeln abgelenkt. Man dreht sie nun an dem Griffe, woran der Zeiger *m* befestigt ist, und woran die Uhrfeder *f* hängt, genau wieder so weit, daß sich die beiden Mittelstriche der Scala und auf der oberen Nadel decken. Die Torsion der Feder wird nun an dem Theilkreise *d* abgelesen. Die Zahlen der Torsionswinkel sind unmittelbar proportional und lassen sich

leicht auf chemischen Effect reduciren. Daß die Torsionswinkel bei flachen Uhrfedern der drehenden Kraft proportional seyen, war noch nicht durch Versuche bekannt, und es mußte deshalb erst geprüpft werden. Zu diesem Zwecke wurde eine Wage construirt, welche mit einem herabgehenden Arme geeignet war, einen horizontalen Druck zu messen. Diese Wage ist in Fig. 36. abgebildet.

Fig. 36.

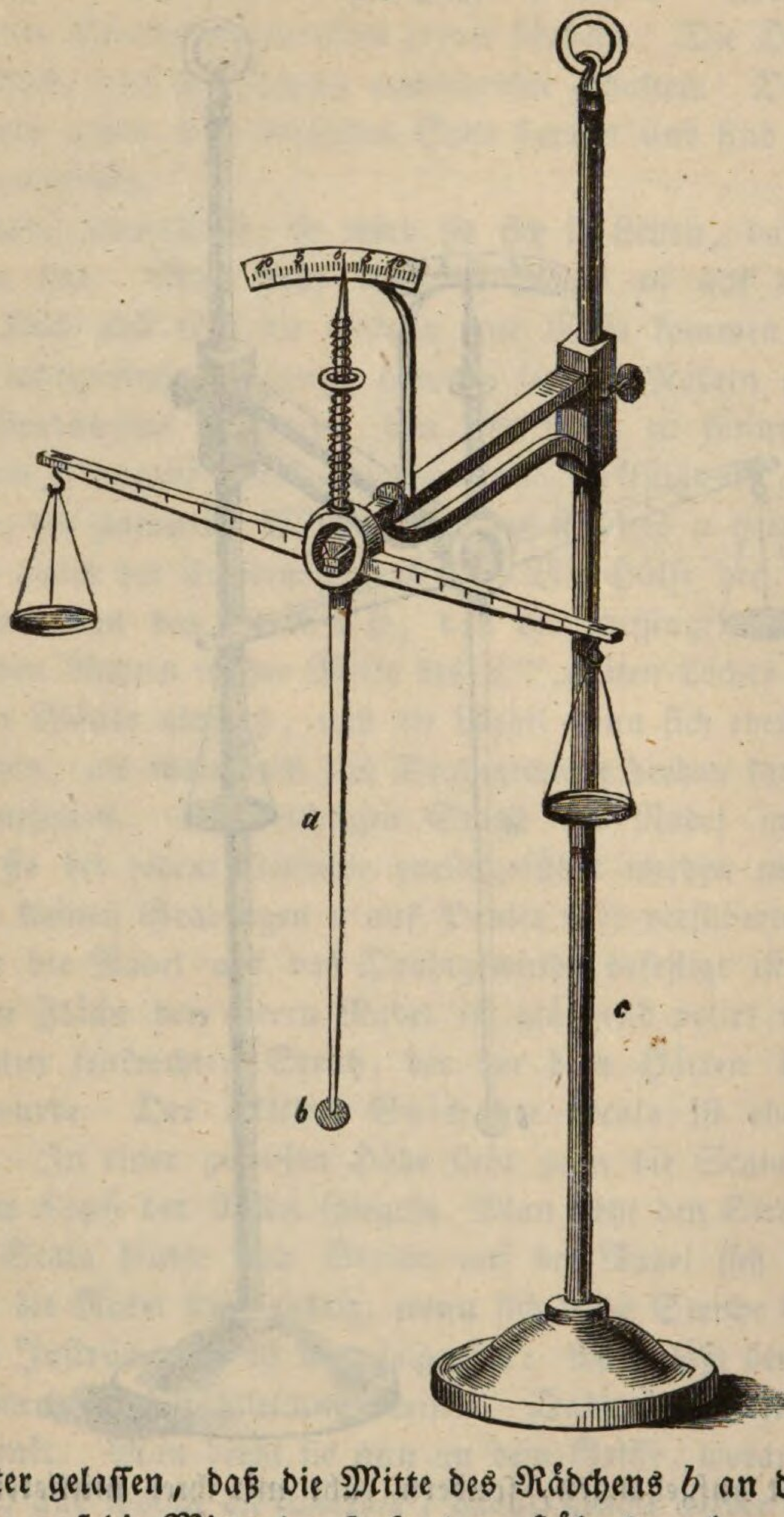


Sie ist nicht aufgehangen, sondern ruht mit ihrer mittleren Schneide, welche in einem kreisförmigen leeren Raume des Wagbalkens frei hervorragt, auf einer schwach ausgehöhlten Pfanne, wozu man den Ausschnitt einer gespaltenen weiten Glasröhre gebrauchen kann. Der senk-

recht herabhangende Arm *a* ist bis in die Mitte des kleinen Röllchens *b* doppelt so lang als ein Arm am Balken. Jeder Arm der Wage ist in 10 gleiche Theile eingetheilt, und die Theile durch Zahlen, von der Mitte anfangend, bezeichnet. Die ganze Wage läßt sich an einer messingenen Stange *c* mit schwerem Fuße beliebig hoch stellen.

Diese Wage wird nun an das Torsionsgalvanometer gebracht und so

Fig. 37.



weit herunter gelassen, daß die Mitte des Rädchens *b* an dem senkrechten Arme genau auf die Mitte der senkrechten Höhe der oberen Magnetnadel drückt. Der Angriffspunkt der Wage an der Magnetnadel ist $1/_{10}$ Meter von der Mitte der Nadel entfernt, und wird durch einen Strich bezeich-

net. Nachdem nun die Wage dicht an die Magnetnadel gebracht ist, so daß sowohl die Nadel als der Zeiger der Wage auf ihren Theilkreisen auf 0 stehen, wird der Uhrfeder eine beliebige Torsion gegeben, die auf dem Theilkreise *d* (Fig. 37) abgelesen wird. Die Magnetnadel drückt nun mit dieser Kraft gegen das Rädchen der Wage und schiebt es seitwärts, wodurch ein Arm der Wage in die Höhe steigt. Durch Belastung dieser Seite des Balkens mit genauen Gewichten wird die Wage wieder auf 0 gebracht, und das dazu nöthige Gewicht giebt den horizontalen Druck der Nadel in Grammen oder irgend einem anderen absoluten Gewichte an.

In dieser Art wurden die folgenden Zahlen erhalten:

A Torsionswinkel.	B Aufgelegtes Gewicht in Grammen.	C Berechnetes Gewicht in Grammen	D Differenz.
30°	0,170	0,1697	— 1,0003
60°	0,341	0,3394	— 0,0046
90°	0,513	0,5091	— 0,0039
120°	0,678	0,6788	+ 0,0008
150°	0,850	0,8485	— 0,0015
180°	1,010	1,0182	+ 0,0082
210°	1,179	1,1879	+ 0,0089
240°	1,347	1,3576	+ 0,0106
270°	1,521	1,5273	+ 0,0063
300°	1,694	1,6970	+ 0,0030
330°	1,876	1,8667	— 0,0093
360°	2,037	2,0364	— 0,0006
450°	2,565	2,5455	— 0,0200
720°	4,043	4,0728	+ 0,0298
Summa 3510°	19,824		

Columne A ist die absichtlich gegebene Torsion, B das nöthige Gewicht in Grammen, um dieser Torsion das Gleichgewicht zu halten, Columne C ist aus dem Mittel aller Versuche berechnet. Nach Columne A haben 3510° Torsion 19,824 Gramme zur Herstellung des Gleichgewichts erfordert, also würden 30° erfordern: 0,1697.

In dieser Art sind die einzelnen Posten von C berechnet. B von C abgezogen, giebt die Columne D. Da die Zeichen der Differenz theils negativ, theils positiv sind, die Differenzen selbst aber überall sehr klein, so er-

giebt das einfache Gesetz für flache bandartige Uhrfedern, was schon Coulomb für Drähte nachgewiesen hatte, daß: die Kraft, womit die Nadel in ihre ursprüngliche Lage zurückgedrängt werden muß, dem Torsionswinkel genau proportional ist.

Es konnte nun für alle ferneren Versuche diese Wage vollkommen entbehrt, und die Torsionskraft allein als Index der Größe der ablenkenden Kraft benutzt werden.

Um nun dieses Instrument auf ein absolutes Maaß zurückzuführen und die Angaben desselben, wie Thermometergrade, allgemein verständlich zu machen, wurde es mit einer Volta'schen Säule und Zersetzungszelle verbunden, und der Strom der Säule zugleich durch die Zersetzungszelle und das Galvanometer geleitet. Zu diesem Zwecke wurde eine Grove'sche Säule von 8 Elementen angewendet. Die Zellen waren nicht unter sich gleich stark, worauf es auch gar nicht ankam. Die Größe des voltametrischen Effectes wurde mit dem Apparate, Fig. 38, gemessen. *a* ist die Zersetzungszelle, worin der Strom durch zwei Platinplatten geleitet wird. Die Flüssigkeit ist verdünnte Schwefelsäure. Das entwickelte Gas wird in die Flasche *b* geleitet, die mit Wasser, Chlorcalciumlösung oder Quecksilber gefüllt seyn kann. Die nach zwei Seiten in einem rechten Winkel gebogene Glasröhre, Fig. 39, dreht sich in einem Korke, der dicht in einem Tubulus am Boden der Flasche befestigt ist, mit Reibung um, so daß sie in jeder Lage stehen bleiben kann. Der Ausguß dieser Röhre läuft in dem punktirten Kreise *m*, und kann dadurch jede beliebige Höhe annehmen. Wenn dieser Ausguß auf gleicher Höhe mit dem Niveau der Flüssigkeit in der Flasche steht, so ist die Flasche zum Versuche bereit. Die senkrechte Röhre dient zum Erkennen, ob die Spannung der äußeren und inneren Luft gleich ist; in diesem Falle nämlich steht das Niveau der Flüssigkeit innerhalb dieser Röhre genau in der Ebene des Flüssigkeitsspiegels. Die Beobachtung dieses kleinen Punktes inmitten

Fig. 38.

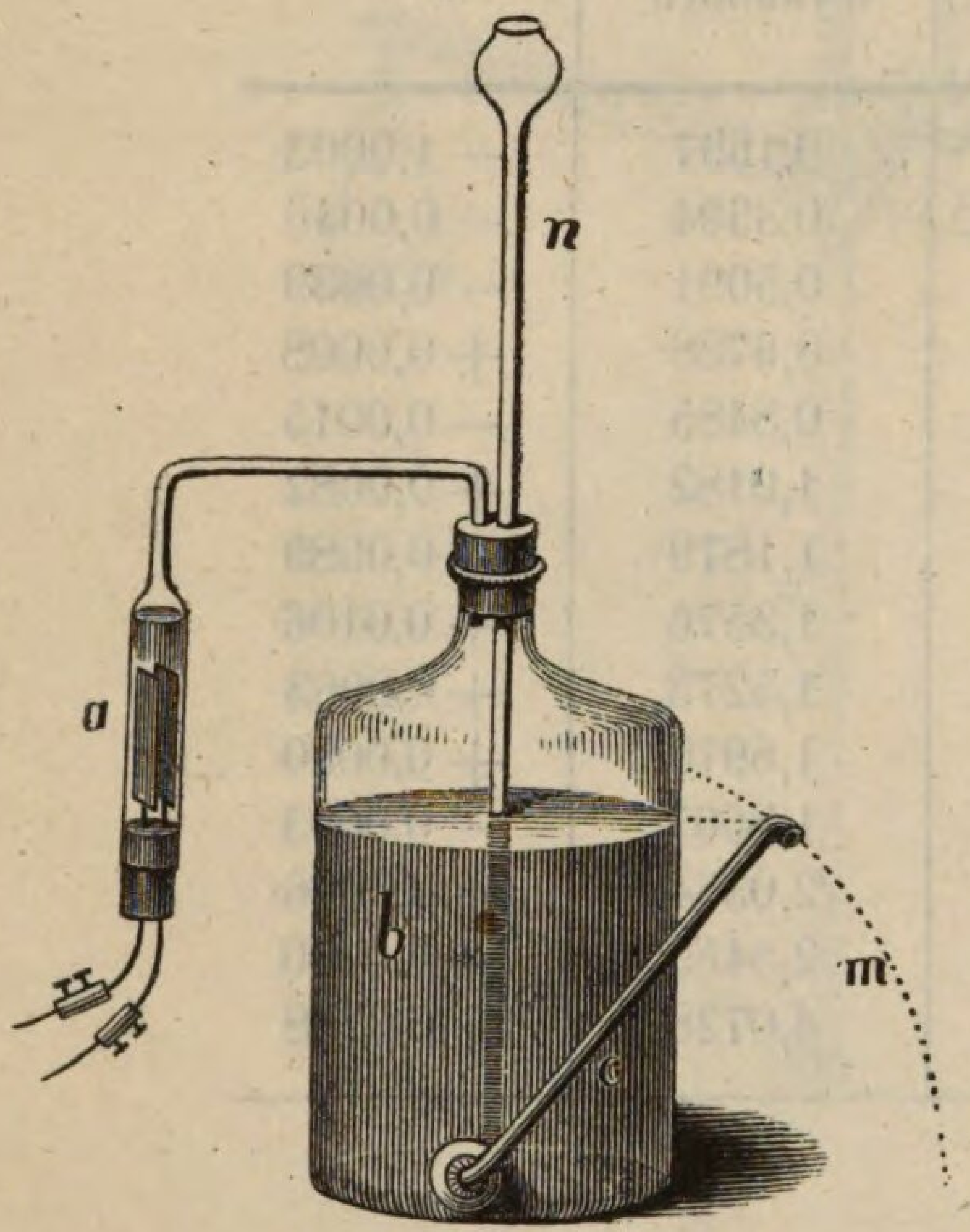
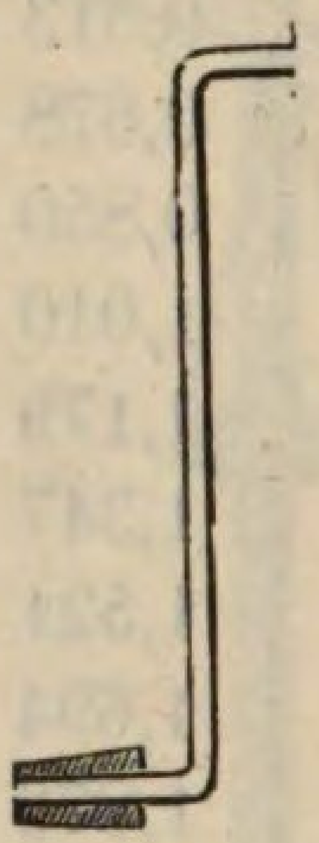


Fig. 39.



einer horizontalen Wasserfläche schließt jeden Fehler einer Parallaxe aus. Die Messung findet nun ganz leicht Statt. Man schließt den Strom der Scala durch Eintauchen der letzten offenen Verbindung des Apparates und bemerkt den Zeiger an der Uhr. Die Nadel des Galvanometers bringt man durch Torsion genau zum Einstehen und notirt den Torsionswinkel. Die Wasserzersetzung lasse man eine bestimmte Zeit fortdauern und beobachte zugleich an der Nadel, ob der Strom in Quantität nicht schwanke. So wie die Zeit verflossen ist, öffne man die Kette, bringe durch Beugen der Röhre *c* noch so viel Wasser zum Ausfließen, daß die Spannung der Luft innen und außen gleich sey, und bestimme nun die Menge des ausgeflossenen Wassers nach Volum oder Gewicht.

In dieser Art wurden die folgenden Resultate erhalten:

Anzahl der Zellen.	Torsion des Galvanometers.	Entwickeltes Knallgas in 1 Minute in Cubikcentimeter.	Torsion auf 1 Cubikcentimeter.
8	530	44,5	11,91
8	587	46	12,75
8	429	37	11,60
7	520	41	12,6
7	490	40	12,2
7	409	33,5	12,35
6	423	35	12,08
6	357	30	11,90
5	338	29	11,65
5	337,5	28,5	11,85
5	315	26	12,11
4	277	23,5	11,80
4	263,5	23	11,46
3	181	16	11,31
3	181	15,75	11,50
3	174	15	11,6
2	85	7	12,14
1	nichts	nichts	
Summa	5896,5	490,75	

Es wurden zuerst 8 Zellen angesetzt, dann immer eine entfernt, bis herunter auf 1, dann wieder steigend bis zu 8 eine zugesetzt. Die letzte Reihe von Versuchen fiel wegen Abstumpfung der Säure etwas schwächer aus. Die Resultate sind nach der Anzahl der Zellen geordnet. Die vierte

Columne ist durch Division mit der dritten in die zweite erhalten. Die Quotienten der vierten Columne sind sich so sehr unter einander gleich, daß man daraus den unbezweifelten Schluß ziehen kann, daß bei jeder Stärke des Stromes die ablenkende Kraft des Stromes vollkommen dem chemischen Effecte proportional ist.

Addiren wir nun die zweite und dritte Columne einzeln, und dividiren mit der Summe der dritten Columne (= 490,75) in die Summe der zweiten Columne (= 5896,5), so erhalten wir als Mittel, daß bei dem vorliegenden Instrumente als Individuum betrachtet: 12,015 Grade Torsion einen chemischen Effect von 1 Cubikcentimeter gemischter Gase per Minute repräsentiren.

Ich stellte nun auch noch eine Daniell'sche Säule aus 8 Elementen zusammen, und ließ die Zersetzung 5 Minuten dauern. Dabei wurden folgende Resultate erhalten:

Zahl der Elemente.	Torsion des Galvanometers.	Cubikcentimeter gemischtes Gas in 5 Minuten.
8	28	12
8 später	$23\frac{1}{2}$	10
7	25	10
6	$19\frac{3}{4}$	8
5	15	6
4	10	4
3	(4)	unermeßbar
2	nichts	nichts
Summa	121,25	50

121,25 getheilt durch 10 (welches die in 1 Minute entwickelte Gasmenge ist) giebt 12,125 Grade Torsion für 1 Cubikcentimeter gemischtes Gas, eine Zahl, die so genau mit jener bei der Grove'schen Säule erhaltenen zusammenfällt, daß dadurch ihre Richtigkeit für jede Art von Säulen feststeht. Schenken wir nun der ersteren Zahl 12,012 das größere Zutrauen, so haben wir nur noch eine Tafel zu berechnen, um jede Art von Strom, die durch Torsion gemessen werden kann, sogleich nach chemischem Effect zu bestimmen, selbst wenn der Strom nicht Intensität genug besitzt, eine Zersetzungszelle zu durchdringen.

Wenn 12° Torsion 1 Cubikcentimeter gemischtes Gas per Minute repräsentirt, so ist:

1^0	Torsion	=	0,0833	Cubikcentimer
2^0	»	=	0,1666	»
3^0	»	=	0,2499	»
4^0	»	=	0,3333	»
5^0	»	=	0,4165	»
6^0	»	=	0,5000	»
7^0	»	=	0,5833	»
8^0	»	=	0,6666	»
9^0	»	=	0,7500	»

Mit diesem Täfelchen, welches freilich nur zu Mohr's Instrumente paßt, läßt sich jeder Strom in absolutem Volumenmaaß des in 1 Minute gelieferten gemischten Gases ausdrücken. Ein Strom von 945^0 Torsion würde die Zahl 78,7497 ^{kcm} erhalten, denn

$$\begin{aligned} 900 &= 75{,}00 \\ 40 &= \ \ 3{,}333 \\ 5 &= \ \ 0{,}4165 \\ \hline 945 &= 78{,}7495. \end{aligned}$$

Da nun die begründenden Versuche ein für allemal gemacht sind, so hat Jeder, der ein solches Galvanometer construirt hat, nur folgenden einfachen Versuch zu machen. Man stelle eine Säule zusammen, lasse sie Wasserzersetzung eine gemessene Zeitlang bewirken, messe den Strom durch die Torsion des Galvanometers und das Volum der Gase, so erfährt man durch eine einfache Division, wie viel Grade Torsion einem Cubikcentimeter gemischter Gase entsprechen. Das kleine Täfelchen erleichtert die Anwendung, indem es einzelne Berechnungen in bloße Addition verwandelt. Es ist nicht verwehrt, Correctionen der Feuchtigkeit, Wärme und des Barometerstandes anzubringen; doch werden die Versuche am bequemsten vergleichbar seyn, wenn sie bei einer mittleren Zimmertemperatur von 12^0 R. gemacht werden. Die vorliegenden sind bei 28 Zoll Barometerstand angestellt worden, und bedürfen deshalb keiner Correction.

Derselbe Strom muß nun aber noch, um ihn vollständig zu erkennen, nach Intensität oder Spannung gemessen werden. Das passendste Instrument dazu ist das Rheometer oder der Rheostat von Wheatstone, der aber nicht so leicht von seinen Besonderheiten entkleidet werden kann. Mohr schlägt folgenden allgemeinen Ausdruck vor. Um einen bestimmten Strom auf die Hälfte seiner Quantität zu reduciren, müssen so und so viele Meter eines so und so dicken Drahtes eingeschaltet werden.

Die wirkliche Quantität des Stroms wird unmittelbar durch Torsion am Galvanometer gemessen. Diese Zahl durch 2 dividirt, giebt die Hälfte der Quantität, worauf man den Zeiger des Galvanometerkreises einzustel-

len hat. Nun schalte man den Draht des Rheostats ein, bis die Nadel des Galvanometers wieder auf 0 steht. Die eingeschaltete Drahtlänge ist das Maaß der Intensität in einem conventionellen Drahte ausgedrückt. Hier liegt aber die Schwierigkeit. Woher nehmen wir einen Draht von einer bestimmten Dicke und Leitungsfähigkeit? Aus diesem Grunde erlangt der Rheometer niemals die Bestimmtheit der Angaben des Galvanometers mit Torsion. Wheatstone empfiehlt als Grundmaaß (Standard) einen Kupferdraht, wovon 1 Fuß 100 Gran Gewicht hat. In gleicher Art könnte man zweckmäßiger Meter und Gramm einführen. Kupfer hat den Nachtheil, zu gut zu leiten und dadurch bedeutende Längen zu erfordern. Passender möchte Platin seyn, da Messing als Legirung nicht immer gleiche Mischung haben wird.

Der ganze Ausdruck für einen elektrischen Strom wird demnach folgender seyn:

Seine Quantität ist gleich soviel Kubikcentimetern gemischter Gase per Minute, und seine Intensität eine solche, daß er durch ein eingeschaltetes Stück von so viel Metern Länge, und von solcher Dicke und Substanz auf die Hälfte seiner Quantität reducirt wird. Ist ein solcher Draht conventionell festgesetzt, so ist der Ausdruck für jeden Strom, mit beispielsweisen Zahlen:

Q (Quantität) = 78,7495 Kub.-Centimeter.
J (Intensität) = 31,57 Meter.

Leitungsfähigkeit verschiedener Metalle.

Um die Leitungsfähigkeit verschiedener Metalle mit einander zu vergleichen, ist wohl keine Methode einfacher und sicherer, als den Strom eines hinlänglich kräftigen Elementes durch die Tangentenboussole zu leiten, Drähte verschiedener Metalle in den Schließungsbogen einzuschalten und die entsprechenden Ablenkungen zu beobachten.

Ganz außerordentlich wird die Bestimmung des Leitungswiderstandes durch ein Instrument erleichtert, welches unter dem Namen des Rheostaten bekannt ist; sein Zweck ist, nach Belieben den Leitungswiderstand im Schließungsbogen jeden Augenblick vermehren und vermindern zu können, ohne die Kette zu öffnen.

Solche Instrumente sind von Wheatstone, Jacobi und Pretina construirt worden; Wheatstone selbst hat dem Instrumente verschiedene Formen gegeben. Eine derselben ist Figur 40 und Figur 41 dargestellt. Figur 41 zeigt das Instrument im Grundriß, Figur 40 zeigt es im Aufriß, und zwar in $1/7$ der natürlichen Größe. Auf einem Cylinder von trockenem Holz, der um seine Axe mit Hülfe einer Kurbel umgedreht

werden kann, ist ein Schraubengang eingeschnitten. (In unserer Figur ist derselbe verhältnißmäßig viel zu grob gezeichnet; auf die Länge des Cylinders gehen ungefähr 80 Umgänge.) In diesen Schraubengang

Fig. 40.

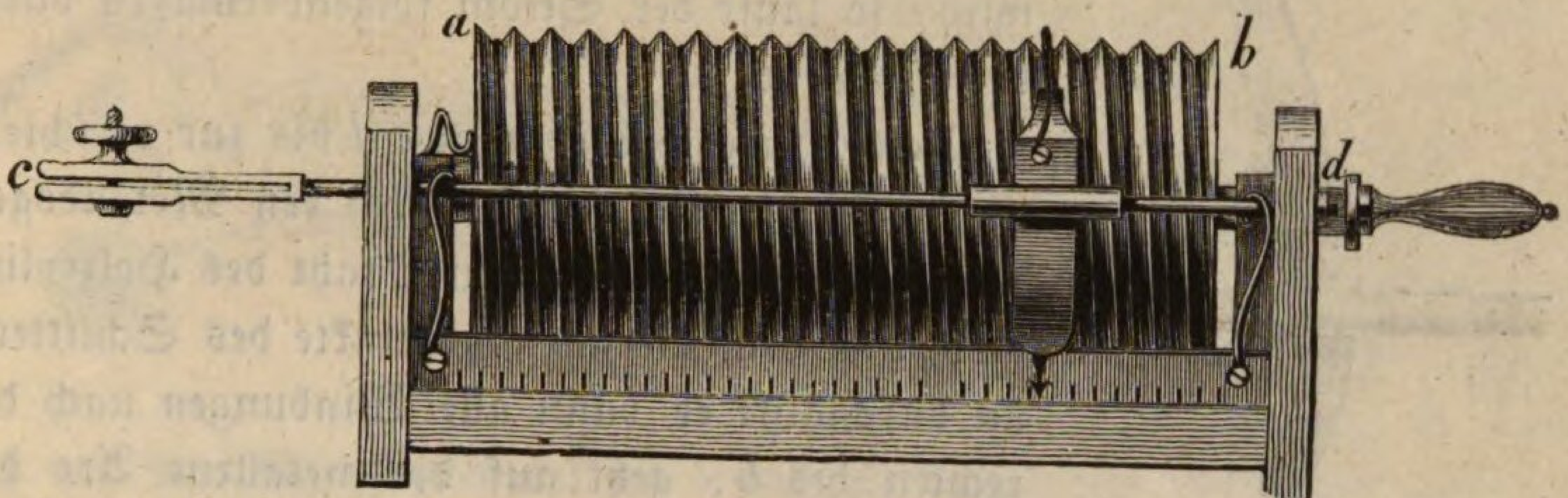
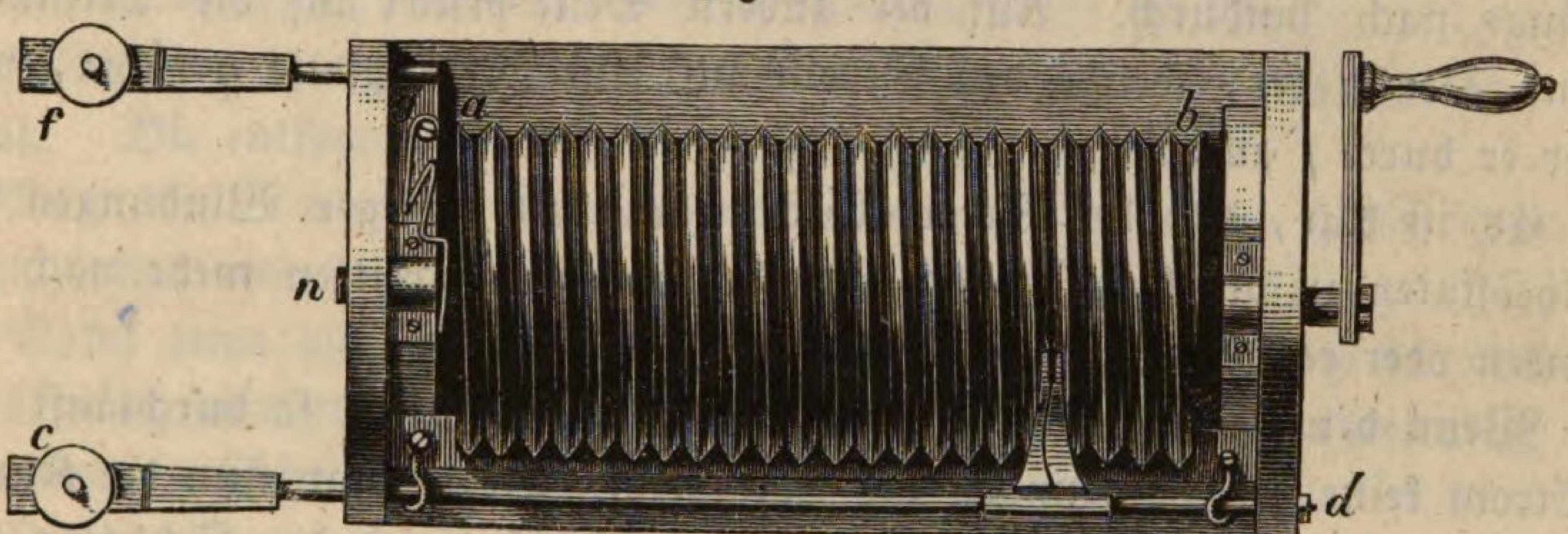


Fig. 41.



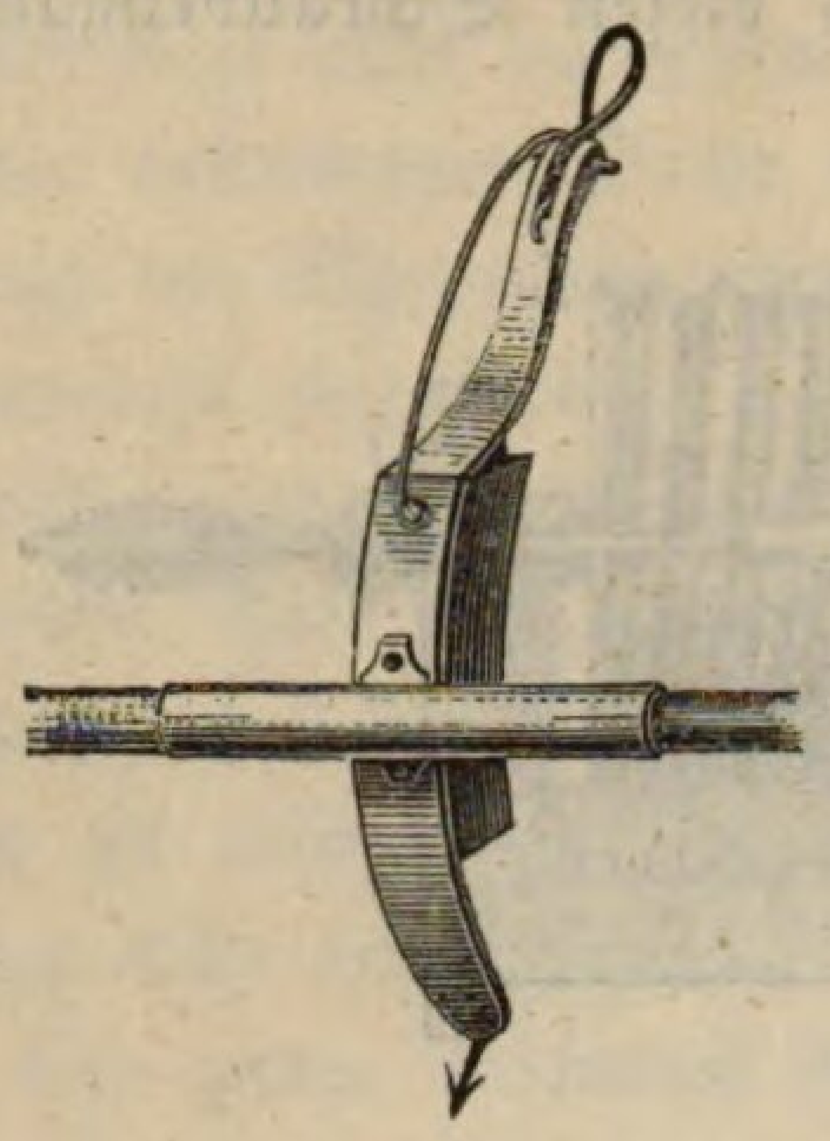
ist ein Draht entweder von Messing oder von Neusilber gewunden. Neusilber bietet den Vortheil, daß man bei gleichem Leitungswiderstande einen dickern Draht wählen kann. Am einen Ende *a* des Cylinders ist der Draht auf dem Holze befestigt; am andern Ende *b* geht er durch ein Loch im Holze hindurch nach der eisernen Umdrehungsaxe des Cylinders, auf welcher er befestigt ist.

Neben dem Holzcylinder befindet sich ein Metallstab *c d*, welcher bei *c* eine Schraubzwinge zur Aufnahme von Drähten hat. Auf diesen Metallstab ist eine Metallhülse verschiebbar, an welcher ein Holzklötzchen befestigt ist, welches den Raum zwischen ihm und dem Holzcylinder ausfüllt, und in welches Rinnen geschnitten sind, die in die Schraubengänge des Holzcylinders passen, so daß bei Umdrehung des Cylinders die Hülse fortgeschoben wird, und zwar nach der einen oder andern Seite, je nachdem man rechts oder links dreht.

An der Hülse ist auch ein federnder Metallbogen befestigt, der einen gewundenen Metalldraht gegen den Draht auf den Holzcylinder drückt. Der Berührungspunkt ändert sich natürlich, wenn die Hülse mit allem, was daran ist, durch Umdrehung des Cylinders fortgeschoben wird. Die

Einrichtung der Hülse sammt Metallbogen und Holzklötzchen ist durch Fig. 42 in größerem Maaßstabe dargestellt.

Fig. 42.



Wenn nun bei *c* der eine, bei *f* der andere Polardraht einer galvanischen Kette eingeschraubt wird, so läuft der Strom folgendermaßen durch den Apparat:

Von *c* durch die Stange *cd* bis zur verschiebbaren Hülse, von dieser durch den Metallbogen und seinen Draht auf den Draht des Holzcylinders, von dem Berührungspunkte des Schlittens an durchläuft er dann alle Windungen nach der rechten bis *b*, geht auf die metallene Axe des Holzcylinders und auf dieser durch denselben der Länge nach hindurch. Auf der andern Seite drückt auf die Metallaxe eine Drahtfeder, welche den Strom auf eine Metallplatte *g* führt, von der er durch *f* austritt.

Es ist klar, daß der Strom bald mehr, bald weniger Windungen des Rheostaten zu durchlaufen hat, je nachdem der Schlitten mehr nach der linken oder rechten Seite geschoben ist.

Wenn der Schlitten am Ende *b* des Cylinders steht, so durchläuft der Strom keine der Windungen des Cylinders. Dreht man nun die Kurbel 1mal, 2mal, 3mal . . . 10mal u. s. w. um, so wird der Schlitten um 1, 2, 3 ... 10 u. s. w. Schraubengänge fortgeschoben, der Strom durchläuft jetzt außer dem Wege, den er vorher schon zu durchlaufen hatte, noch 1, 2, 3 . . . 10 Windungen des Drahtes auf den Holzcylinder.

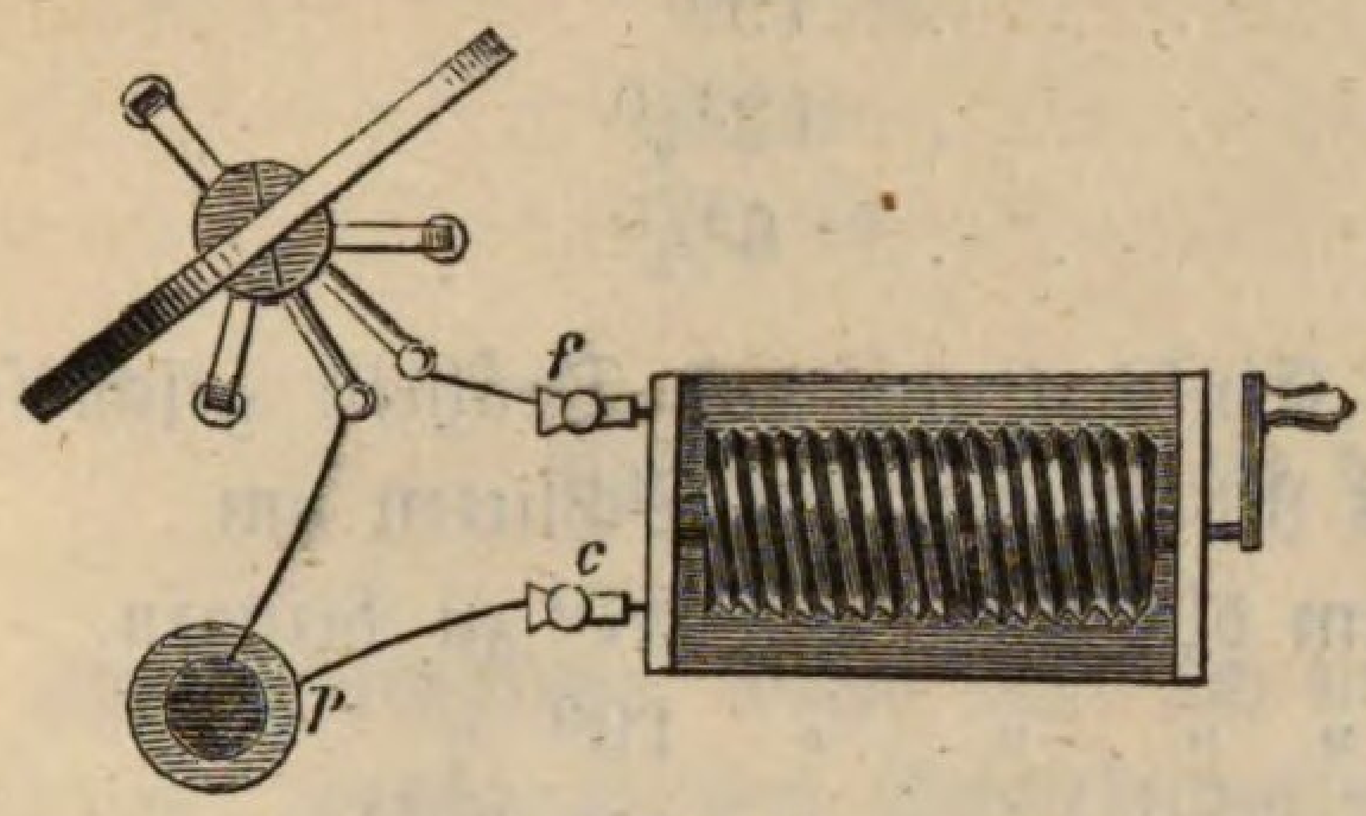
Um die Anzahl der Windungen besser zählen zu können, ist an dem Schlitten unten ein kleiner Pfeil angebracht, der auf einer Scala die Anzahl der Umwindungen zeigt, welche der Strom zu durchlaufen hat. Der Zeiger steht auf Null, wenn der Schlitten am äußersten rechten Ende des Holzcylinders steht.

Um auch noch die Unterabtheilungen der einzelnen Windungen bestimmen zu können, ist am Ende der Umdrehungsaxe bei *n* ein Zeiger befestigt, welcher den Radius eines am Rande in 10 gleiche Theile getheilten Kreises bildet, der in unseren Figuren natürlich unsichtbar ist. Dieser Zeiger steht auf 0, wenn der Zeiger des Schlittens auf 0, 1, 2, 3 . . . 10 u. s. w. steht. Nehmen wir an, der Zeiger des Schlittens stehe zwischen 16 und 17, der Zeiger bei *n* stehe auf 6, so hat der Strom 16,6 Windungen zu durchlaufen.

Bei *c* sey der positive Pol der Kette eingeklemmt; von *f* führe ein Draht zur Tangentenboussole, ein anderer von dieser zum negativen Pol der Kette, wie dies in Fig. 43 angedeutet ist. Steht das Rheostat

auf Null, so zeigt die Boussole eine gewisse Ablenkung; wird nun das Rheostat gedreht, bis der Zeiger bei 10, 20, 30 u. s. w. steht, so hat nun der Strom außer dem anfänglichen Widerstande noch den von 10, 20, 30 Umwindungen zu überwinden, die Ablenkung der Nadel wird eine entsprechende Abnahme erfahren. Wenn man die einer jeden Stellung des Schlittens entsprechende Ablenkung notirt, so lassen sich mit dem Rheostaten auf die bequemste Weise die auf Seite 178 und folgende entwickelten Gesetze nachweisen.

Fig. 43.



Um zu beweisen, daß sich die Leitungswiderstände der Drähte umgekehrt verhalten wie ihre Querschnitte, stelle man zunächst den Rheostaten auf Null. Die entsprechende Ablenkung sey $51\frac{1}{2}^0$.

Nun schalte man an irgend einer Stelle, etwa bei *c*, einen Kupferdraht, etwa von 5 Meter Länge und 0,26 Linie Durchmesser ein, so wird die Nadel etwa auf 37 zurückgehen. (Um solche Drähte bequem handhaben zu können, windet man sie am besten auf einen trocknen Holzcylinder, in welchem ein Schraubengewinde eingeschnitten ist.)

Nachdem man den Draht wieder entfernt und die Kette wieder geschlossen hat, stellt sich die Nadel wieder auf die ursprüngliche Stelle (in unserem Beispiel $51\frac{1}{2}^0$), und um zu machen, daß sie wieder auf 37^0 zurückgeht, muß man durch Drehung des Rheostaten den Schlitten um eine bestimmte Anzahl von Windungen, z. B. um 4,2 Windungen voranschieben. Es ist nun klar, daß der eingeschaltete Kupferdraht denselben Widerstand hervorbringt, wie 4,2 Windungen des Drahtes auf dem Rheostaten.

Wiederholt man nun denselben Versuch mit einem Kupferdraht, der eben so lang ist wie der eben betrachtete, aber von halb so großem Durchmesser, so wird man finden, daß dieser dünnere Kupferdraht einen eben so großen Widerstand ausübt, wie $16\frac{3}{4}$ Windungen des Drahtes auf das Rheostat; der Widerstand des halb so dicken Kupferdrahtes ist also 4mal größer.

Um den Leitungswiderstand verschiedener Metalle zu vergleichen, kann man den Versuch in der Weise anordnen, wie es in folgendem Beispiel der Fall war.

Das Rheostat, auf 0 gestellt, gab der Boussole einen Ausschlag von $51\frac{1}{2}^0$. Es wurde nun der Reihe nach eingeschaltet ein Kupfer-, ein Eisen-, ein Messing- und ein Neusilberdraht. Alle waren 5^m lang und hatten einen Durchmesser von 0,26''' (alle waren durch dasselbe Loch ge-

zogen). Die Nadel ging zurück beim

Kupferdraht auf	. . . .	37^0
Messingdrath	. . . . .	19^0
Eisendrath	. . . . . .	$12\frac{3}{4}^0$
Neusilberdrath	. . . . .	$6\frac{3}{4}^0$

Wurde nun die Kette wieder ohne Einschaltung von Drähten geschlossen, so mußte man durch Drehen des Rheostaten den Schlitten um

4,2	Windungen	voranschieben,	um	die	Nadel	auf	37^0	zu bringen.
16,6	»	»	»	»	»	»	19^0	» »
29,5	»	»	»	»	»	»	$12\frac{3}{4}^0$	» »
65	»	»	»	»	»	»	$6\frac{3}{4}^0$	» »

Es ist also der Widerstand des

Kupferdrahtes	gleich	dem	von	4,2	Windungen	des	Rheostats.
Messingdrahtes	»	»	»	16,6	»	»	»
Eisendrahtes	»	»	»	29,5	»	»	»
Neusilberdrahtes	»	»	»	65	»	»	»

Die Leitungsfähigkeit des Kupfers, Messings, Eisens und Neusilbers verhält sich umgekehrt wie diese ihnen äquivalenten Längen des Drahtes auf dem Rheostat, setzt man also die Leitungsfähigkeit des Kupfers gleich 100, so ist die des

Messings	. . . .	25,3
Eisens	. . . . .	14,2
Neusilbers	. . . .	6,4.

Nach Pouillet's Versuchen, die jedoch nach einer andern Methode angestellt worden waren, verhält sich die Leitungsfähigkeit verschiedener Metalle, wie folgende Tabelle angiebt.

Silber	. . . . .	136
Gold	. . . . . .	103
Kupfer	. . . . .	100
Zink	. . . . . .	28 (Becquerel)
Platin	. . . . .	22
Eisen	. . . . . .	17
Quecksilber	. . . .	2,6.

D. h. ein Kupferdraht von 100 Fuß Länge leistet einem elektrischen Strome einen ebenso großen Widerstand, wie gleich dicke Drähte von Silber, Zink, Platin, Eisen u. s. w., welche resp. 136, 28, 22, 17 Fuß lang sind.

Rieß hat nach der auf S. 27 angedeuteten Methode die Leitungsfähigkeit der Metalle folgendermaßen bestimmt:

Silber	148
Kupfer	100
Messing	28
Eisen	17
Platin	15.

Leitungsfähigkeit der Flüssigkeiten.

Das Ohmische Gesetz läßt sich nicht so direct auf Flüssigkeiten anwenden, welche in den Schließungsbogen eingeschaltet werden, wie auf Metalle, denn man hat außer dem Widerstande, welchen der Strom bei seinem Durchgange durch die Flüssigkeit zu überwinden hat, noch einen andern Widerstand beim Uebergange, den Strom von Metall in die Flüssigkeit und umgekehrt, in Rechnung zu bringen. Bei Berücksichtigung dieses Widerstandes gilt das Ohmische Gesetz auch für flüssige Leiter.

Die Existenz eines solchen Widerstandes läßt sich am einfachsten durch folgenden von Fechner angegebenen Versuch nachweisen. In einen Trog *a*, Fig. 44, wurden eine Zinkplatte *z* und eine Kupferplatte *k* einander gegenüber gestellt, der Trog mit Flüssigkeit gefüllt und die Kette geschlossen, wie es in der Figur durch die Linie angedeutet ist, und dann die Stromstärke bestimmt. Nun wurde ein zweiter gleicher Trog *B* mit zwei Kupferplatten daneben gestellt, eben so hoch mit derselben Flüssigkeit gefüllt und die Kette geschlossen, wie in Fig. 45 angedeutet ist.

Fig. 44.

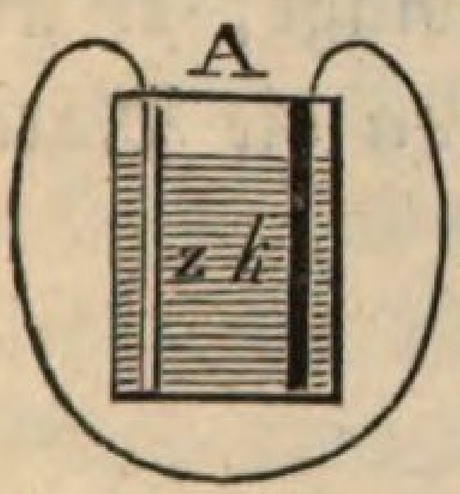
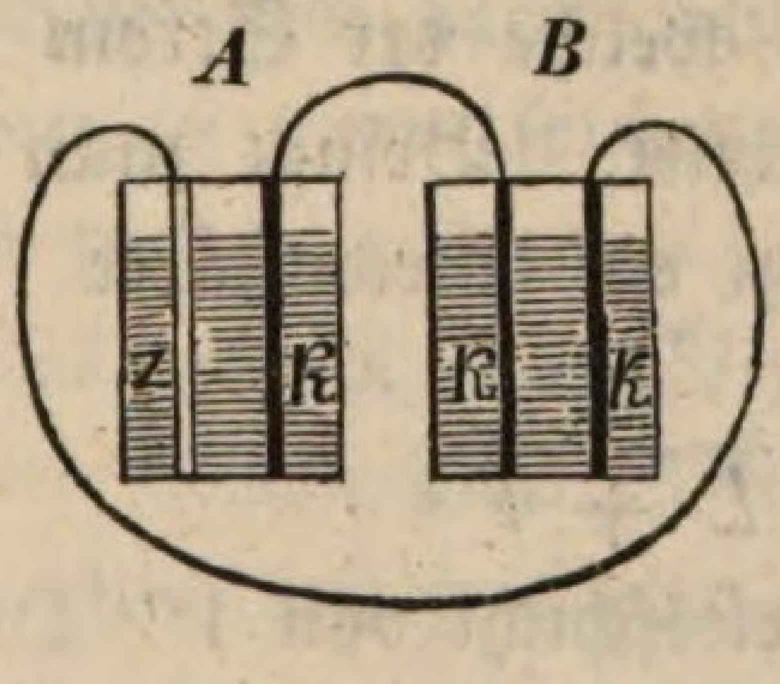


Fig. 45.



Dabei wurden aber die Platten *k* und *z* im Troge *A* genähert und die Platten *kk* in *B* in solche Entfernung gebracht, daß die Entfernungen von *k* und *z* im Troge *A* und die Entfernung der Platten *kk* in *B*, Fig. 45 zusammen, so groß war wie die Entfernung der Platten im Troge *A*, Fig. 44. Unter sonst ganz gleichen Umständen hatte also der Strom in beiden Fällen denselben Weg durch die Flüssigkeit zurückzulegen; die Stromstärke für beide Fälle war aber nicht gleich, sie war in dem letzten Falle fast nur halb so groß wie im ersteren. Diese Schwächung der Stromstärke kann nur einem Widerstande beim Uebergange von Metall in der Flüssigkeit zugeschrieben werden; denn bei gleicher Länge des zu durchlaufenden flüssigen Leiters, gegen dessen Widerstand der des metallischen Schließungsbogens ganz verschwindet, hat im letzten Falle der Strom noch einmal mehr aus Metall in Flüssigkeit, und dann wieder von der Flüssigkeit in das Metall überzugehen.

Auch folgender Versuch von Lenz beweis't sehr augenscheinlich die Existenz dieses Widerstandes. In einem viereckig ausgefüllten Holztrog, welcher mit verdünnter Salzsäure gefüllt war, waren zwei Kupferplatten in einer Entfernung von 1 Linie einander gegenüber gestellt, und dann ein galvanischer Strom durchgeleitet worden. Der Meßapparat gab eine Ablenkung von 47°. Nun wurde der Versuch mit zwei Platinplatten wiederholt, die eben so groß wie die Kupferplatten, in gleicher Entfernung in derselben Flüssigkeit eingetaucht waren. Nun erhielt man nur 9° Ablenkung. In einer Verschiedenheit der Leitungsfähigkeit der festen Theile konnte die Ursache dieser Verschiedenheit nicht liegen, der flüssige Leiter war in beiden Fällen derselbe, der Unterschied konnte also nur daher rühren, daß der Widerstand an der Berührungsstelle größer ist für Platin und Salzsäure, als für Kupfer und Salzsäure.

Will man den Leitungswiderstand einer Flüssigkeit an und für sich ermitteln, so muß man die Versuche so anordnen, daß der eben besprochene Widerstand eliminirt werden kann, was leicht möglich ist. Es werde ein Strom durch die Flüssigkeit hindurchgeleitet, während die beiden Platten 1 Linie von einander abstehen, so ist die Stromstärke

$$S = \frac{E}{L},$$

wenn E die elektromotorische Kraft, welche der Strom bedingt, L aber die Summe aller Widerstände bezeichnet. Bringt man nun die Platten in die doppelte Entfernung, so ist jetzt die Stromstärke

$$S' = \frac{E}{L + l},$$

wo l den Widerstand einer Flüssigkeitsschicht von 1''' Dicke bezeichnet, die jetzt noch hinzugekommen ist; alles übrige, also auch der Widerstand an der Berührungsstelle des Metalles und der Flüssigkeit ist unverändert geblieben. Durch Combination dieser beiden Gleichungen läßt sich l bestimmen.

Nach Lenz ist der Leitungswiderstand einer Lösung von Kupfervitriol 6857500mal so groß, als der des Kupfers, d. h. der Leitungswiderstand einer Schicht von Kupfervitriollösung ist eben so groß, wie der einer 6857500mal so langen Kupferstange von gleichem Querschnitt. Außer diesem Widerstande hat aber der Strom auch noch den Uebergangswiderstand zu überwinden, wenn man ihn durch die Lösung des Kupfervitriols hindurchleiten will.

Nach Pouillet, welcher übrigens den sogenannten Uebergangswiderstand nicht berücksichtigt, ist die Leitungsfähigkeit des Wassers 0,0025, wenn man die der Kupfervitriollösung mit 1 bezeichnet.

Für gesäuerte Flüssigkeit ist der Uebergangswiderstand ungleich geringer, als für reines Wasser, und daher mag es wohl vorzugsweise kommen, daß die Leitung des Stromes so sehr erleichtert wird, wenn man dem Wasser etwas Säure zugießt.

Galvanische Polarisation.

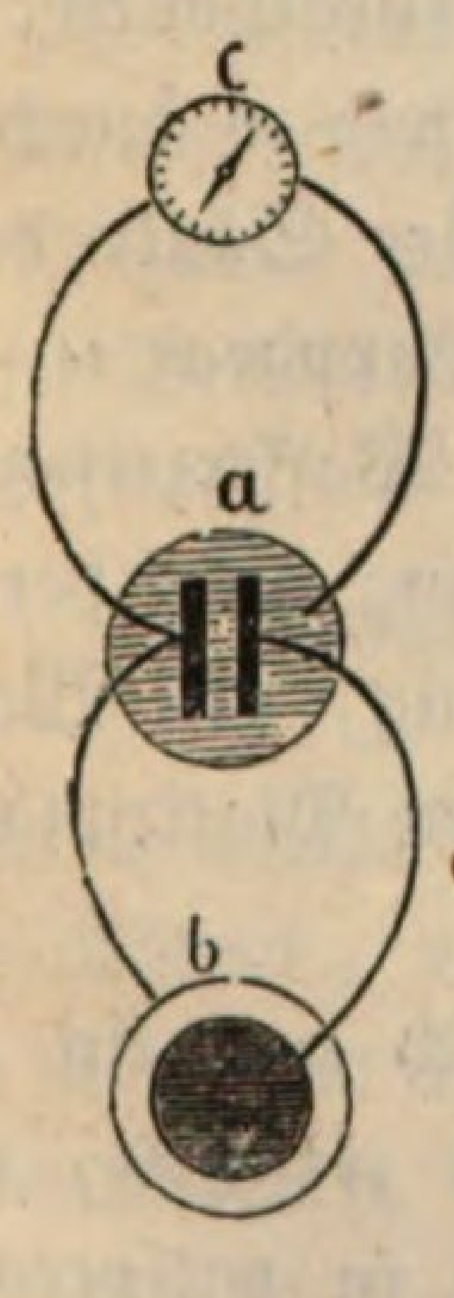
Der so eben besprochene Uebergangswiderstand rührt von der sogenannten galvanischen Polarisation her; mit diesem Namen bezeichnet man die dem ursprünglichen Strome entgegenwirkende Ladung der Platten, welche wir schon bei der Theorie der constanten Kette kennen gelernt haben, und welche daher rührt, daß sich die Platten, zwischen denen der Strom durch die Flüssigkeit übergeht, in Folge der Zersetzung der Flüssigkeit mit einer Schicht von Stoffen überziehen, welche in Berührung mit der Platte elektromotorisch wirken.

Wenn man in den Schließungsbogen einer Kette einen Wasserzersetzungsapparat einschaltet, dessen Platten von Platin seyn mögen, so werden sie ebenfalls eine solche Polarisation erfahren, d. h. durch Ablagerung solcher Schichten werden sie selbst zu elektromotorischen Elementen, welche dem ursprünglichen Strome entgegenwirken, und einen Strom zu erzeugen streben, welcher dem ursprünglichen entgegengesetzt ist.

Daß die Tendenz zu einem solchen Gegenstrom vorhanden ist, läßt sich am besten dadurch zeigen, daß man diesen Strom wirklich zur Entstehung bringt. Es ist dies auf folgende Weise möglich:

Man bringe die beiden Platten eines Wasserzersetzungsapparates mit den beiden Polen einer galvanischen Kette in Berührung, wie dies durch Fig. 46 angedeutet ist, wo *a* den Wasserzersetzungsapparat, *b* die galvanische Kette darstellen soll. (Es ist zu diesem Versuche nur ein Element nöthig.) Hat die Schließung nur ganz kurze Zeit gedauert, so sind die Platten in *a* geladen; öffnet man die Kette, bringt man alsdann die eine Platte von *a* mit dem einen, die andere mit dem andern Drahtende eines Multiplicators *c* in Berührung, so wird die Multiplicatornadel abgelenkt und zeigt einen Strom an, welcher dem durch die Kette *b* im Wasserzersetzungsapparat *a* hervorgebrachten entgegengesetzt ist.

Fig. 46.



Diese Erscheinung erklärt uns auch die Wirkung der von Ritter entdeckten Ladungssäule.

Wenn man eine Säule von Kupferscheiben und angefeuchtetem Papier aufbaut und die beiden Enden derselben mit den Polen einer galvanischen

4*

Kette von hinlänglichen Spannungen verbindet, so wird die Säule ganz in derselben Weise geladen, wie in dem eben betrachteten Falle die Platten des Wasserzersetzungsapparates. Wir haben eigentlich hier ja nur eine ganze Reihe solcher Zersetzungszellen, deren Platten sämmtlich polarisirt geladen werden. Trennt man die secundäre Säule (auch so wird die Ladungssäule genannt) von der galvanischen Kette, welche zu ihrer Ladung diente, so ist sie nun selbst im Stande, die Erscheinungen einer galvanischen Kette hervorzubringen; sie zeigt an dem einen Theil positive, am anderen negative Elektricität, und ihr Strom, welcher den der ladenden Kette entgegengesetzt ist, kann selbst chemische Wirkungen hervorbringen.

Poggendorff hat gezeigt, wie man eine ganz secundäre Säule mit einer einfachen Kette, etwa einem Grove'schen oder Bunsen'schen Element, laden und durch die Entladung der Säule einen Strom hervorbringen kann, der ungleich stärkere Widerstände überwinden kann, als das zur Ladung angewandte Element.

Fig. 47.

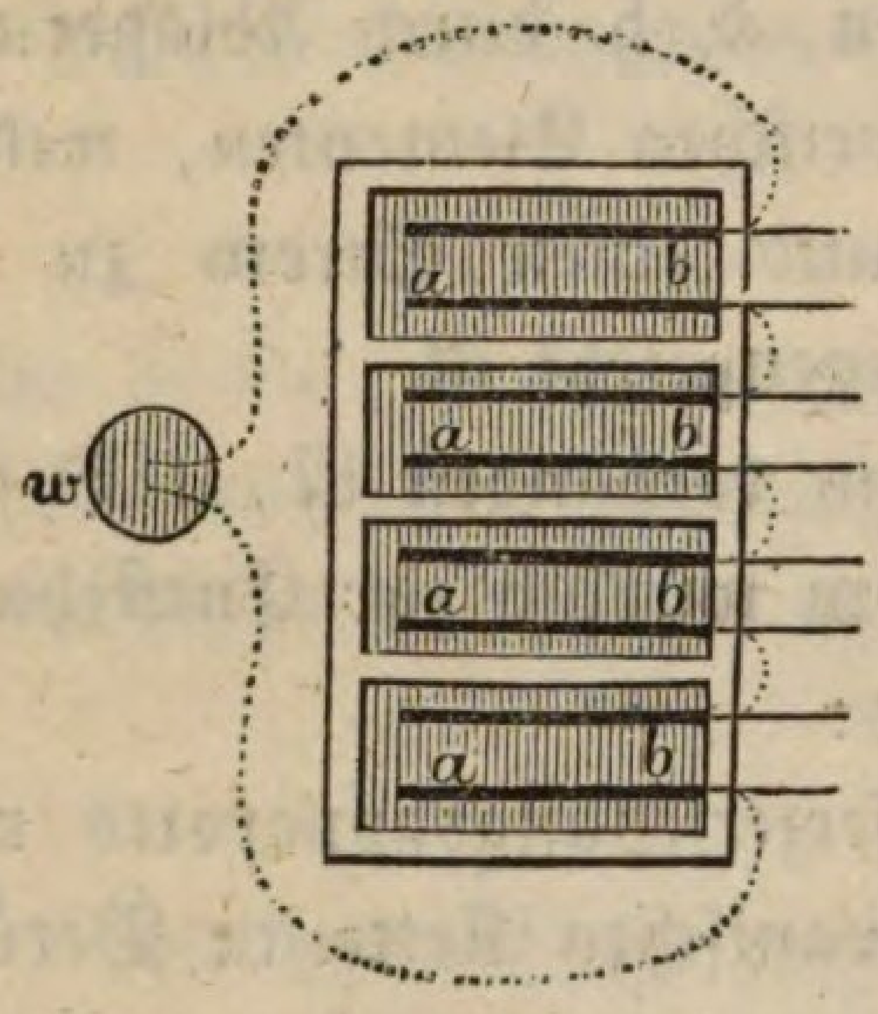


Fig. 47 stelle eine secundäre Säule dar, die aus 4 Paaren von Platinplatten besteht; jedes Paar befindet sich in einem besonderen Troge. Werden nun alle Platinplatten, die in unserer Figur mit *a* bezeichnet sind, mit dem einen, alle mit *b* bezeichneten mit dem anderen Pole des ladenden Elements verbunden, so wird jedes Paar von Platinplatten geladen, und zwar ist die Ladung für alle Paare dieselbe. Wird nun die Verbindung mit dem primären Element aufgehoben, die Platinplatte nach dem Princip der Säule so verbunden, wie es durch die punktirten Linien angedeutet ist, und dann die secundäre Säule durch einen Bogen geschlossen, in welchem ein Wasserzersetzungsapparat *w* eingeschaltet ist, so entsteht ein Strom, welcher eine kräftige Wasserzersetzung erzeugt, während das ladende Element eine solche Zersetzung nicht hervorbringt. Das primäre Element hat nicht Spannung genug, um Wasser zu zersetzen, welche man erhält, wenn man die geladenen Platinplatten nach dem Princip der Säule combinirt.

Der Entladungsstrom der secundären Säule ist natürlich nur ein vorübergehender. Um eine merkliche Quantität Wasser zu zersetzen, muß man rasch nach jeder Entladung die Platinplatten wieder in entsprechender Weise mit den Polen der primären Kette verbinden und alsbald wieder eine neue Entladung bewerkstelligen können. Poggendorff hat einen sehr sinnreichen Apparat erfunden, den er die Wippe nennt, mit

Hülfe dessen die Ladungen und Entladungen sehr rasch ausgeführt werden können. Die Beschreibung der Wippe würde uns zu weit führen.

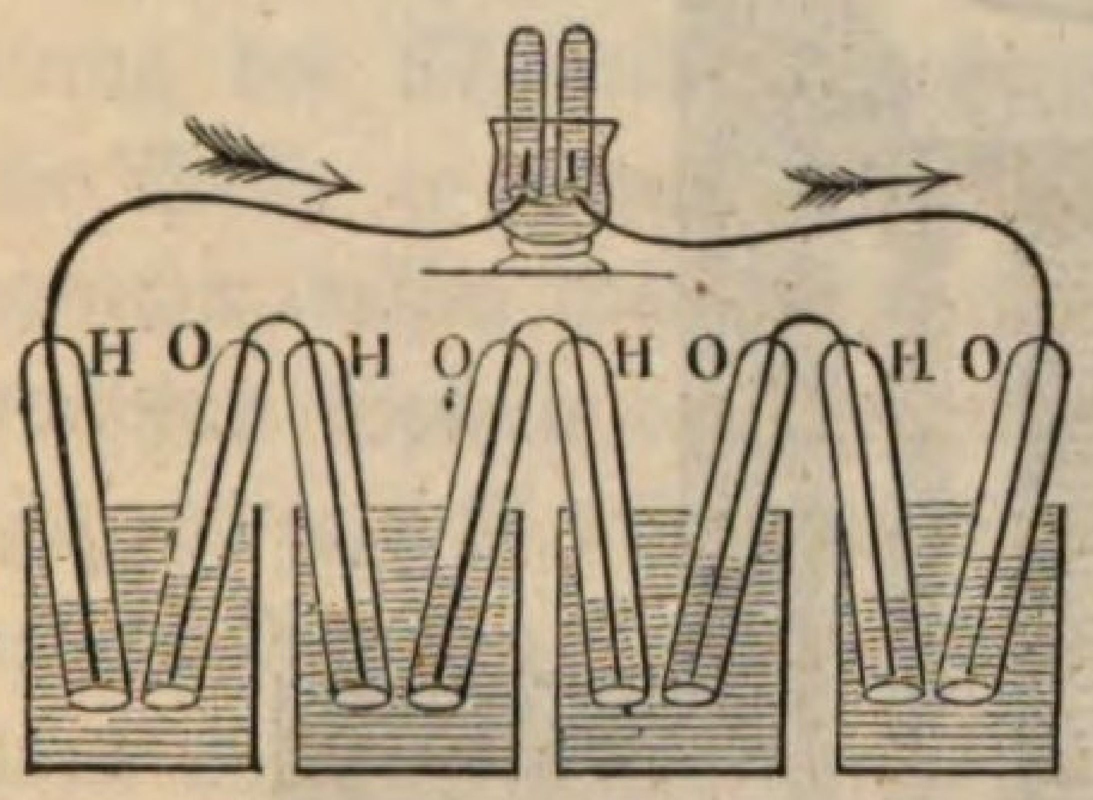
Eine solche Batterie von 4 Plattenpaaren, welche $2^1/_2$ Quadratzoll groß waren und mit einem Grove'schen Element geladen wurden, lieferten bei 80 Ladungen und Entladungen in der Minute 5 bis 6 Kubikzoll Knallgas.

Die Platinplatten der Ladungssäule waren mit Platinmoor überzogen.

Die von Grove construirte Gasbatterie gehört auch in die Kategorie der Ladungssäulen. In Figur 48 ist eine solche Gasbatterie abgebildet.

In jedem der mit verdünnter Schwefelsäure gefülltem Gefäße stehen zwei oben zugeschmolzene Glasglöckchen, in welchen sich mit Platinmoor überzogene Platinstreifen befinden. Ein in dem Glöckchen oben eingeschmolzener Platindraht verbindet je zwei Platinstreifen in der Weise, wie man es in der Figur sieht. Der obere Theil der mit *H* bezeichneten Glöckchen enthält Wasserstoffgas, die mit *O* bezeichneten dagegen enthalten Sauerstoffgas. Eine Batterie von 50 Elementen mit ungefähr $^1/_4$ Zoll breiten Platinstreifen gab einen Schlag und sehr bedeutende Wasserzersetzung.

Fig. 48.



Die Wirksamkeit dieser Batterie rührt von der Bekleidung ihrer Platten mit respective Sauerstoff und Wasserstoff her. Der Unterschied zwischen ihr und der gewöhnlichen Ladungssäule besteht bloß in der Art, wie den Platten das Gas zugeführt wird. Bei der Ladungssäule werden die Gasen an den Platten selbst entwickelt, bei der Gasbatterie hingegen werden sie zuvor außerhalb der Batterie erzeugt, und dann erst mit den Platten in Berührung gesetzt.

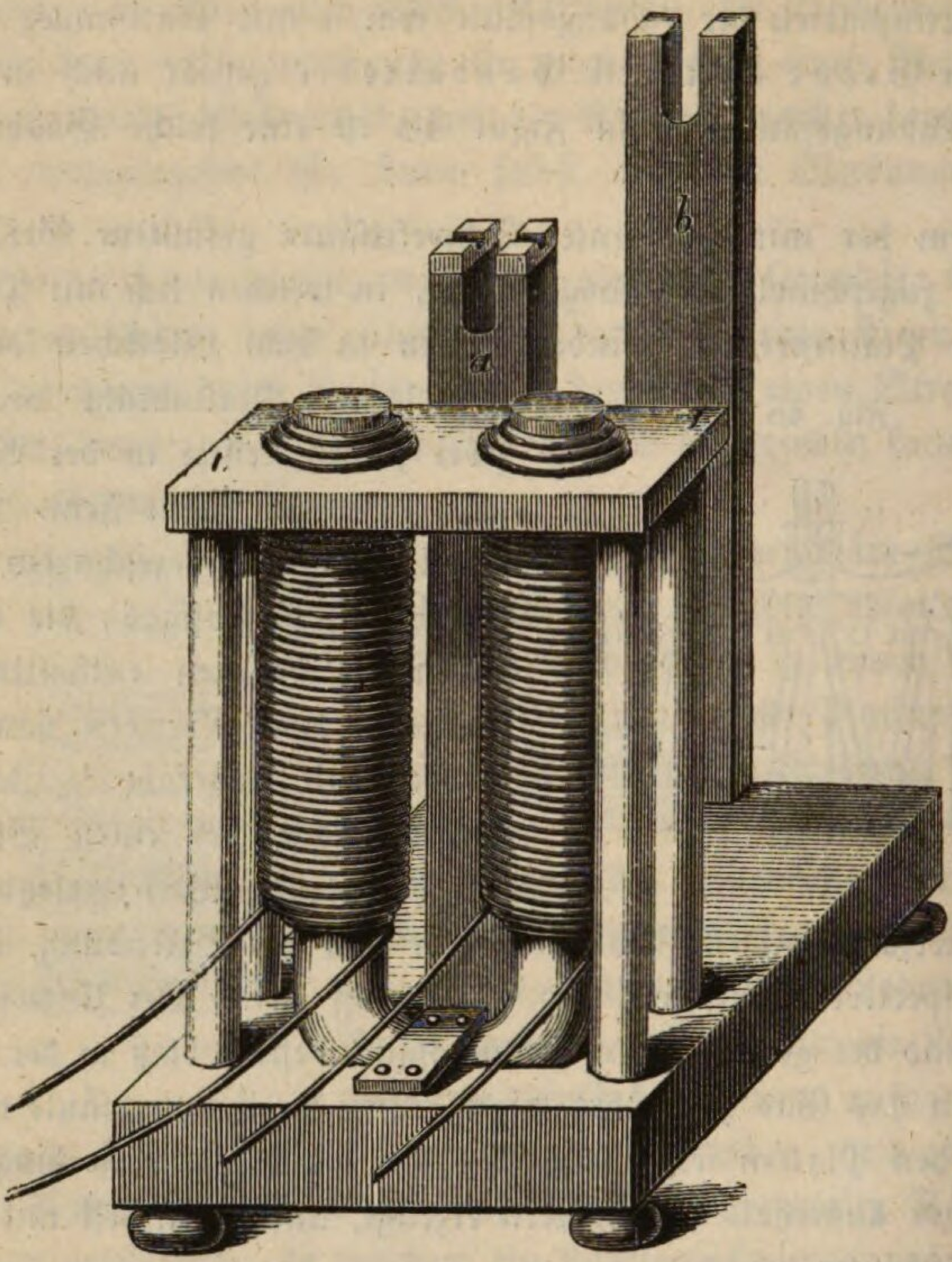
Magnetisirung durch den galvanischen Strom.

Um Versuche über die Wirkung kräftiger Elektromagnete auf diamagnetische Körper, von denen weiter unten die Rede seyn wird, zu machen, muß man dem Elektromagneten eine andere Aufstellung geben, als es bisher üblich war, wo man es in der Regel nur darauf absah, ihre starke Tragkraft zu zeigen. Während man bis jetzt die Pole der Elektromagneten meist nach unten gekehrt hatte, müssen sie für die fraglichen Versuche nach Oben gekehrt seyn.

Professor Plücker hat viel Versuche über Diamagnetismus gemacht,

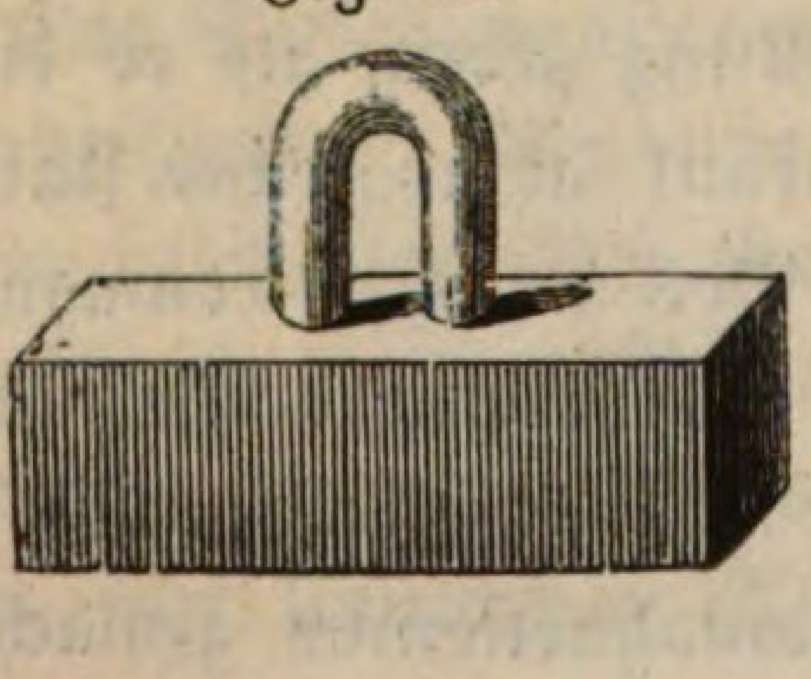
die ich weiter unten noch näher erwähnen werde; nach seinen Angaben hat der Mechanikus Etter in Bonn einen sehr zweckmäßigen Apparat construirt, der im Wesentlichen in Fig. 49 jedoch dahin abgeändert gezeichnet ist, daß er auch dienen kann, um die starke Tragkraft der Elektromagnete zu zeigen.

Fig. 49.



Die Einrichtung des Apparates ist aus der Figur ohne weitere Erklärung verständlich; jeder Arm des Uförmigen Eisens hat seine besondere Umwickelung, was den Vortheil hat, daß man die beiden Arme auch gleichförmig magnetisiren, also beide Arme in Nordpole oder beide in Südpole verwandeln kann, was für manche Untersuchungen von Wichtigkeit seyn könnte.

Fig. 50.



Um die Tragkraft des Elektromagneten zu prüfen, setzt man auf die Pole einen Anker von der Form Fig. 50; in das Ohr desselben wird ein eiserner Hebel eingesetzt, dessen Schneide auf der Säule *a* ruht; am anderen Ende des Hebels

werden entsprechende Gewichte angehängt. Die Säule *b* dient, um den Hebel aufzuhalten, wenn er abgerissen wird.

Benutzung des galvanischen Stromes als bewegende Kraft.

Ein Hauptgrund, daß man namentlich mit größeren elektromagnetischen Motoren keine günstigen Resultate erhielt, liegt darin, daß der Polwechsel der Elektromagnete nicht momentan stattfindet. Selbst das weichste Eisen, welches von einer elektrischen Spirale umgeben zum Elektromagneten wird, ist nicht im Stande, seine Pole so schnell zu wechseln, als man den elektrischen Strom in der Spirale umkehren kann; je größer die Eisenmasse ist, desto träger ist sie in dieser Beziehung, und daher kommt es auch, daß größere Apparate verhältnißmäßig schlechtere Resultate geben als kleinere Modelle.

Diesen Nachtheil, welcher aus der Trägheit des Eisens gegen die Umkehrung des Magnetismus herrührt, hat Stöhrer auf eine sehr sinnreiche Weise zu umgehen gewußt, indem er die Rotation eines Elektromagneten, dessen Pole nicht gewechselt werden, durch den Polwechsel einer elektrischen Spirale bewirkt, innerhalb welcher der Elektromagnet rotirt.

Fig. 51 (a. f. S.) stellt den Stöhrer'schen Apparat dar. *a* und *b* sind zwei längliche Rahmen, welche von übersponnenem Kupferdraht gebildet sind, welcher ungefähr 1 Linie im Durchmesser hat. Die Drahtwindungen, welche den oberen Rahmen bilden, sind durch den gebogenen Draht *c* mit dem des unteren verbunden; die Windungen beider Rahmen sind der Art, daß ein elektrischer Strom beide in gleicher Richtung durchläuft. Der ganze aus Drahtwindungen gebildete Rahmen ist mit seidenem Band umwickelt. Zwischen dem oberen und dem unteren Drahtrahmen ist ein solcher Zwischenraum, daß die Umdrehungsaxe des Elektromagneten *d* sich frei bewegen kann.

Der Eisenkern des Elektromagneten ist an jedem Ende mit einer Eisenplatte versehen, welche einestheils die Drahtwindungen des Elektromagneten hält, anderentheils aber auch sehr zur Verstärkung der Wirkung beiträgt.

Wenn gleichzeitig ein Strom durch die Windungen der Rahmen *a* und *b* und durch die Windungen des Elektromagneten *d* hindurchgeht, so wird sich der Elektromagnet rechtwinklig stellen zur Ebene der Rahmen; und zwar wird, je nach der Richtung des Stromes in den Rahmen, ein bestimmter Pol des Elektromagneten sich nach oben kehren. Bliebe der Strom in den Rahmen ungeändert, so würde der Elektromagnet in dieser Gleichgewichtslage nach einigen Oscillationen zur Ruhe kommen, wird aber der Strom in den Rahmen in demselben Moment umgekehrt, in

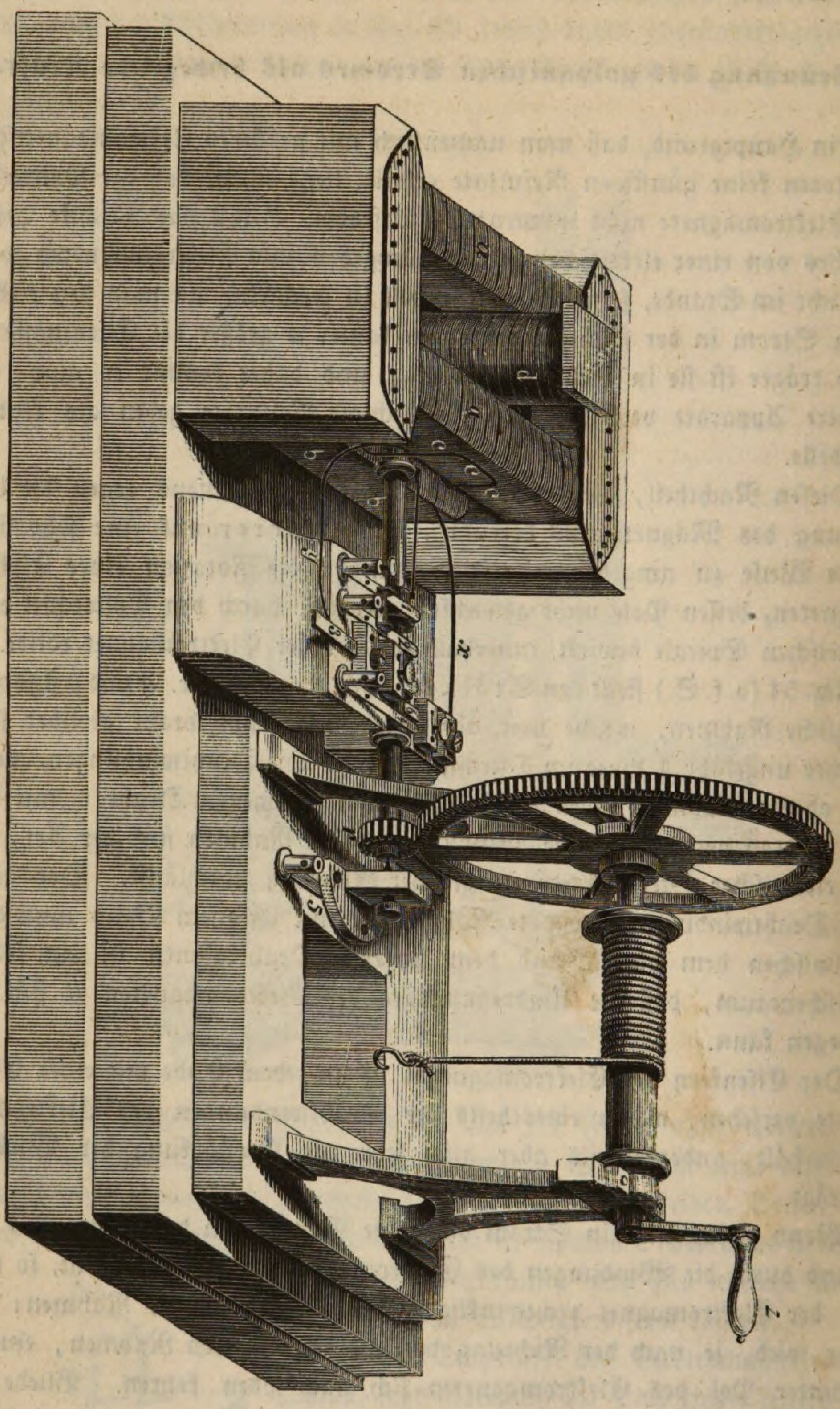


Fig. 51.

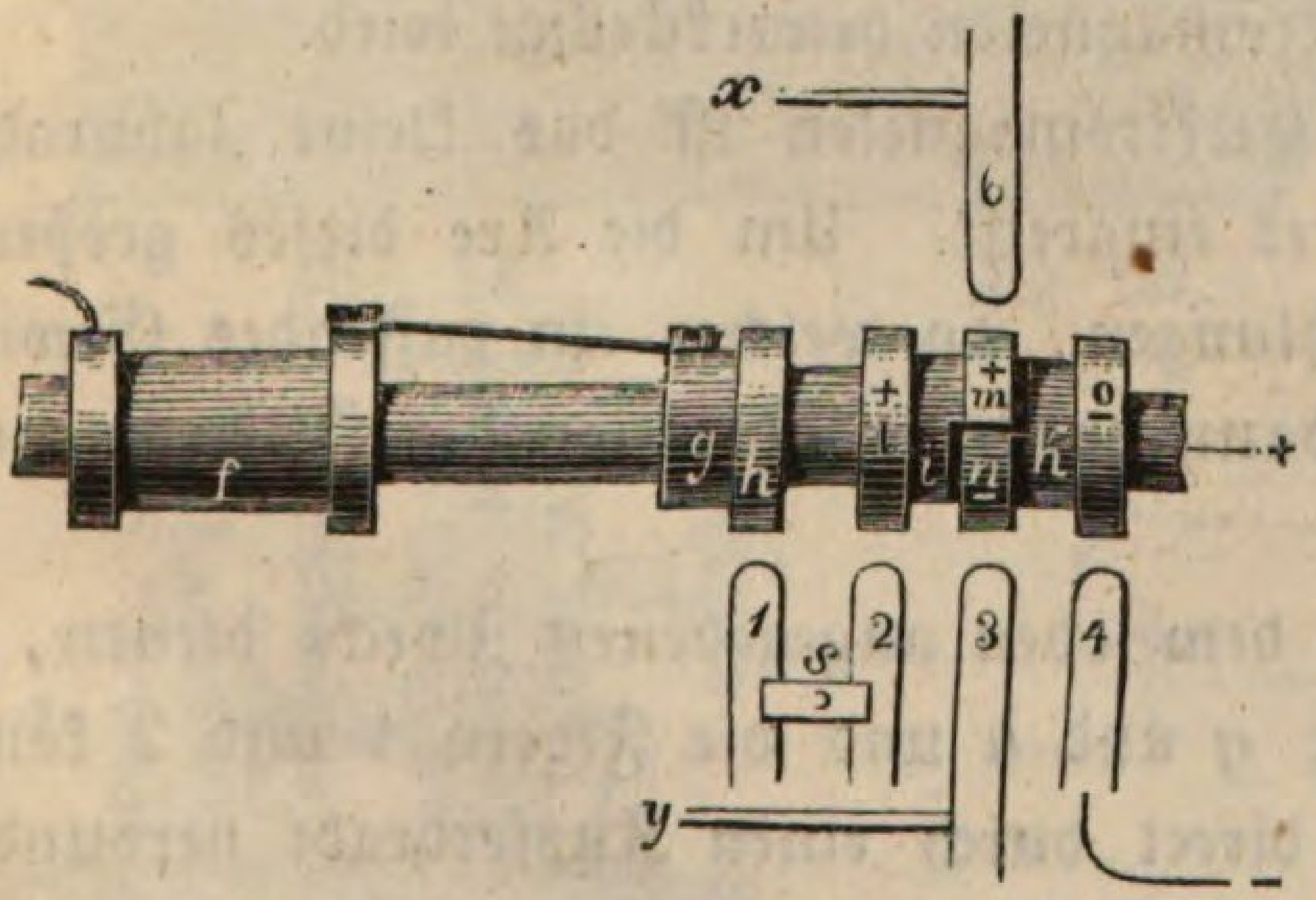
welchem der Magnet seine vertikale Stellung erreicht hat, so wird nun die Rotation fortdauern müssen, denn bei der neuen Stromrichtung in den Rahmen kann der Elektromagnet nicht eher zur Ruhe kommen, als bis der eben oben angekommene Pol gerade nach unten gerichtet ist; es wird also eine beständige Rotation des Elektromagneten stattfinden müssen, wenn nach jener halben Umdrehung desselben der Strom in den Rahmen umgekehrt wird, während die Polarität des Elektromagneten unverändert bleibt.

Sehen wir nun, wie der Strom durch den Apparat hindurchgeleitet wird.

Die Umdrehungsaxe des Elektromagneten läuft zwischen zwei Stahlspitzen, von denen nur die eine in unserer Figur sichtbar ist. Diese Spitze steckt mit einem Schraubengewinde in einem Messingpfeiler, dessen Fuß fest auf den Boden aufgeschraubt ist, so daß eine innige Berührung zwischen diesem Messingfuße und dem Kupferstreifen 5 stattfindet, auf dessen anderem Ende ein Messingsäulchen sitzt. In dieses Säulchen kann der eine Poldraht einer galvanischen Kette eingesteckt und mittelst einer Schraube festgeklemmt werden. (Die Schraube ist in der Figur weggelassen worden; dies Säulchen und seine Schraube ist genau so wie das auf der Feder 1 stehende.)

Der Strom tritt also durch dies Säulchen und den Kupferstreifen 5 in den Apparat ein, geht durch die Spitze in die Umdrehungsaxe über, durch welche er zum Eisenkern des Elektromagneten gelangt. Auf diesen Eisenkern ist nun das eine Drahtende der Spirale aufgeschraubt, welche um den Eisenkern herumgewunden ist; das andere Ende dieser Spirale ist auf die Kupferhülse *f*, welche man Fig. 52 deutlicher sieht, eingelassen. Diese Kupferhülse steckt nicht unmittelbar auf der eisernen Axe, sondern sie ist von ihr durch eine isolirende Hülse getrennt. Der Strom geht also aus dem Eisenkern des Elektromagneten in die Windungen desselben, und nachdem er dieselben durchlaufen hat, gelangt er zur Kupferhülse *f*, von der er dann zum Commutator geführt wird, welcher bewirkt, daß die Stromrichtung in den Windungen der Rahmen geleitet, nach jeder halben Umdrehung in denselben umgekehrt wird.

Fig. 52.



Die Einrichtung dieses Commutators ist aus Figur 52 deutlicher zu ersehen. Von der Kupferhülse *f* führt ein Kupferdraht zur Eisenhülse *g*, welche, wie auch die eisernen Hülsen *i* und *k*, durch eine

hölzerne Hülse, auf der sie stecken, welche aber nur zwischen *h* und *l* freiliegt, vor metallischer Berührung mit der Axe geschützt ist. Die Hülse *g* trägt den ganz kreisförmigen metallischen Kamm *h*; an dem einen Ende der Hülse *i* befindet sich der ganz kreisförmige Kamm *l*, auf der andern Seite von *i* ist der Kamm *m* befestigt, welcher jedoch nur einen Halbkreis bildet. Der halbkreisförmige Kamm *n*, welcher gleichsam die Fortsetzung von *m* bildet, ist durch die Hülse *k* mit dem ganz kreisförmigen Kamm *o* in leitender Verbindung, aber durch eine isolirende Substanz von *m* und *i* getrennt.

Auf *h* schleift die Feder 1, auf *l* die Feder 2, auf *o* die Feder 4. Die Feder 3 schleift oben, die Feder 6 schleift unten an dem aus den Theilen *m* und *n* bestehenden Kamm und zwar so, daß *n* und 3 in Berührung sind, wenn *m* und 6 sich berühren, wenn aber während der Rotation *m* mit 3 in Berührung kommt, so kommt unten *n* mit 6 in Berührung.

Nehmen wir an, der positive Pol der Kette sey in das Säulchen des Streifens 5, der negative Poldraht in das Säulchen der Feder 4 eingeschraubt, so geht der positive Strom, nachdem er den Elektromagneten umkreist hat, von *f* nach *g* und *h*, von da durch die Feder 1 und den kupfernen Querstreifen *s* auf die Feder 2, dann nach *l*, *i* und *m*; der halbkreisförmige Kamm *m* ist also gleichsam ein + Pol, von *m* geht der positive Strom auf diejenige Feder über, die er gerade berührt.

Der negative Strom tritt durch die Feder 4 ein und gelangt von da über *o* und *k* nach *n*, so daß also *n* gleichsam der negative Pol der Kette ist.

Wenn *m* mit 6, *n* aber mit 3 in Berührung ist, so tritt also der positive Strom von 6 aus durch den Draht *x* in die Windungen der Rahmen ein, und gelangt, nachdem er diese Windungen durchlaufen hat, durch den Draht *y* und die Feder 3 nach *n*; nach einer halben Umdrehung aber kommt *m* mit 3 in Berührung, jetzt tritt der positive Strom durch die Feder 3 und den Draht *y* in die Windungen der Rahmen ein, durch *x* und 6 aber aus, bei jeder halben Umdrehung der Axe findet also eine Umkehrung der Stromrichtung und der Rahmen Statt, wodurch denn die fortdauernde Rotation des Elektromagneten bewerkstelligt wird.

An der Umdrehungsaxe des Elektromagneten ist das kleine Zahnrad *r* befestigt, welches in ein größeres eingreift. Um die Axe dieses größeren Zahnrades ist eine Schnur geschlungen, an welcher ein passendes Gewicht gehängt werden kann, welches dann durch die Rotation des Elektromagneten gehoben wird.

Sollte der Apparat nun zu dem oben angegebenen Zwecke dienen, so könnte er etwas einfacher sein; *g* und *h* und die Federn 1 und 2 könnten ganz wegbleiben, *f* und *i* direct durch einen Kupferdraht verbunden seyn; bei der Einrichtung, welche der Apparat jetzt hat, läßt er sich aber

auch noch zu anderen Versuchen anwenden, welche erst später besprochen werden können.

Bei Anwendung einer Zinkkohlenkette, welche 20 Quadratzoll wirkender Kohlenfläche hatte, wurden folgende Resultate erhalten:

1	Element	hob	$1\frac{3}{4}$	Pfund	in	4	Sekunden	1 Fuß	hoch.
2	»	»	3	»	»	3	»	» »	»
3	»	»	5	»	»	$2\frac{1}{2}$	»	» »	»
4	»	»	6	»	»	2	»	» »	»
5	»	»	$5\frac{3}{4}$	»	»	$1\frac{1}{2}$	»	» »	»

Obgleich die Stöhrer'schen Apparate günstigere Resultate geben, als alle früher zu diesem Zwecke construirten, so ergab sich doch, daß die Unterhaltungskosten zu groß sind, um eine technische Anwendung möglich zu machen.

Etter's Commutator.

Der auf Seite 210 gegebenen Beschreibung eines Gyrotropen oder Commutators (Stromwechslers) ist noch die Beschreibung des Etter'schen Commutators beizufügen.

Der Etter'sche Commutator ist Fig. 53 in perspectivischer Ansicht dargestellt, Figur 54 zeigt den Haupttheil des Apparates geometrisch von der Seite her.

Fig. 53.

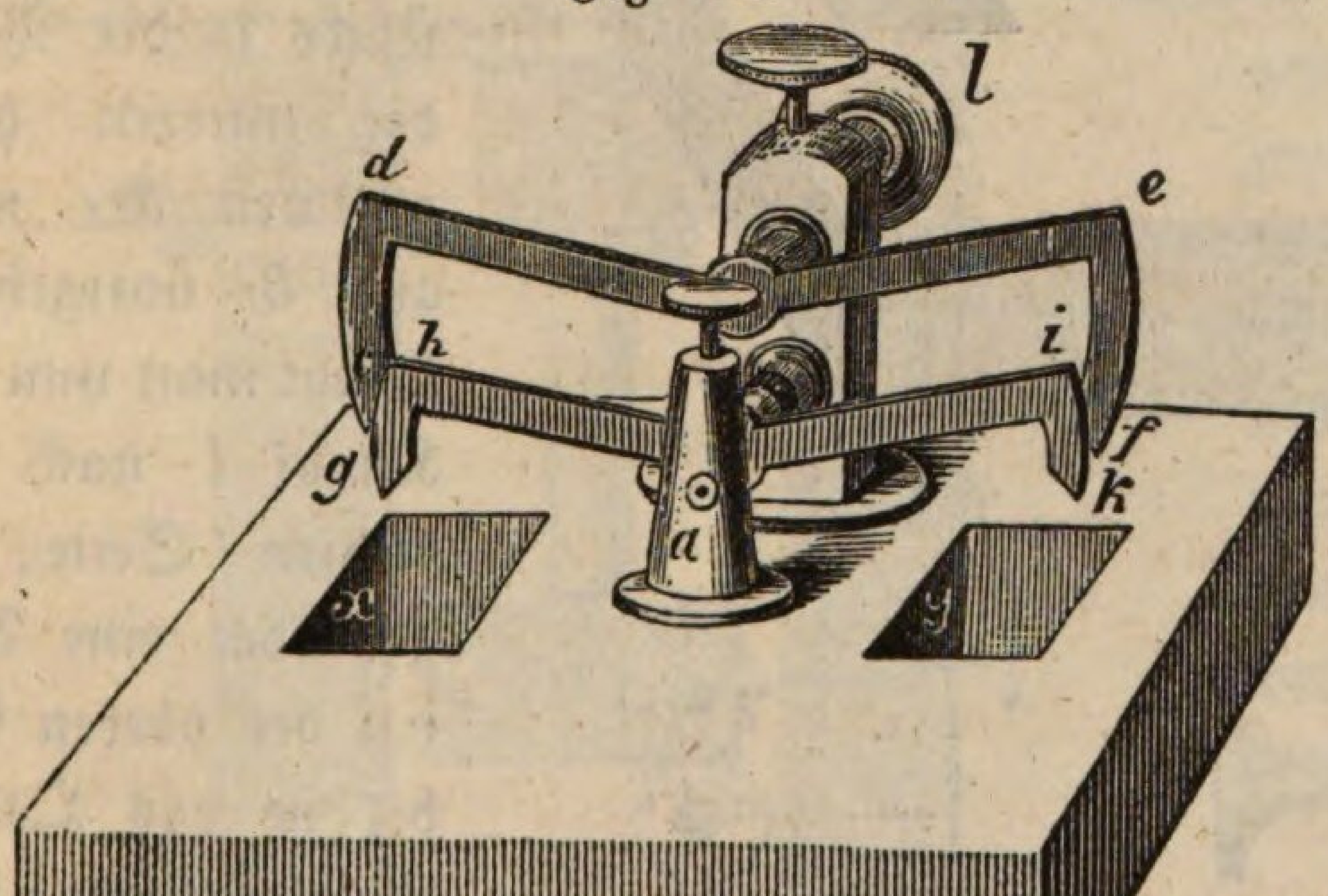


Fig. 54.

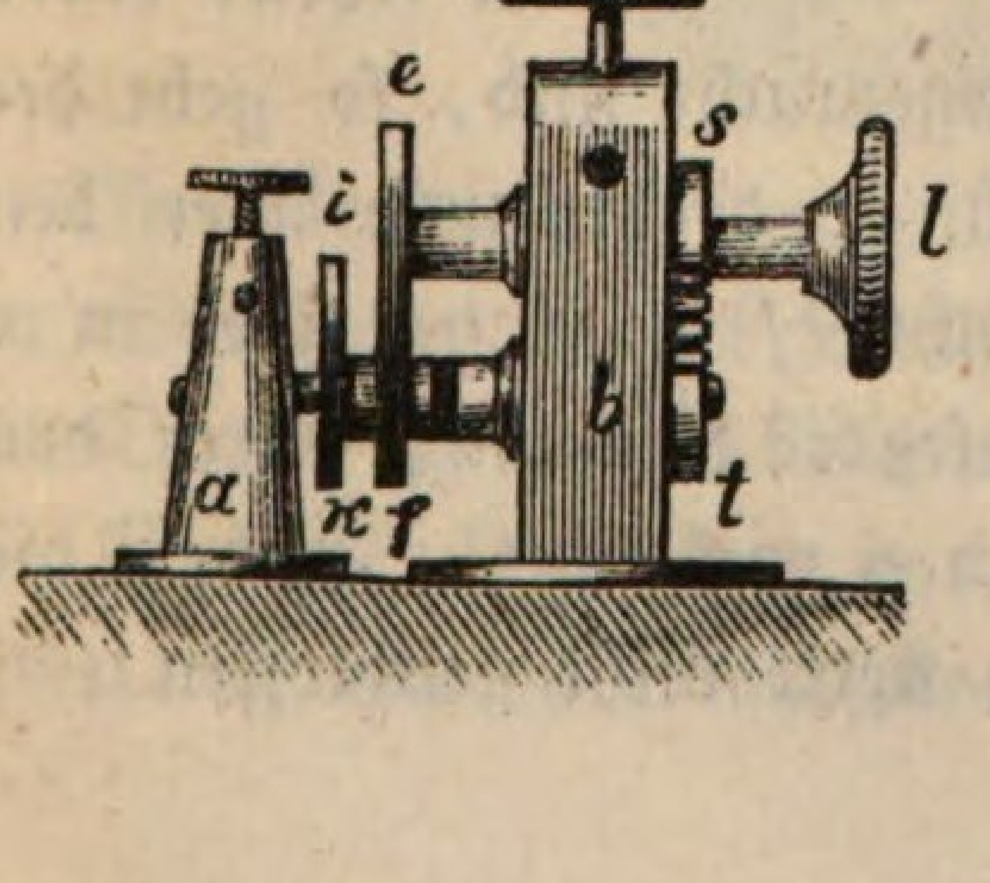
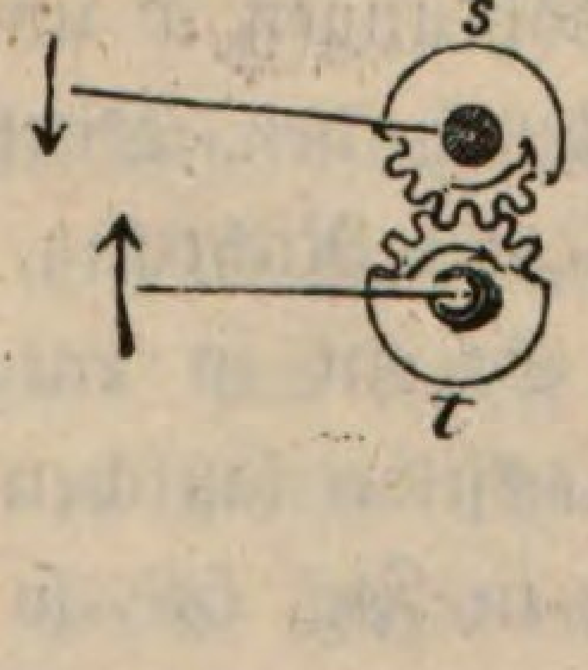


Fig. 55.



Auf einem Holzbrettchen stehen zwei Messingpfeiler *a* u. *b*. Durch den hinteren Pfeiler *b* gehen zwei horizontale Axen; die obere, ganz von Messing, trägt vorn die Kupfergabel *cdef*, hinten aber den Knopf *l*, welcher dient, um diese Axe zu drehen. Die untere Axe ist nicht ganz von Messing, sondern sie hat

in der Mitte ein Holzstück, welches den vorderen messingenen Theil von dem hinteren isolirt. Der vordere Theil dieser Axe steckt in einer Höhlung der Säule *a* und trägt die Kupfergabel *ghik*.

Auf der Rückseite der Säule *b* tragen die beiden Axen Metallscheiben *s* und *t*, die durch einige Zähne in einander eingreifen, so daß durch Drehung am Knopf *l* beide Axen gedreht werden, wobei sich aber die untere stets nach der entgegengesetzten Seite der oberen dreht, wie sich dies aus der Erläuterungs-Figur 55 ergiebt.

Gegen das obere Ende hin enthält jede der Säulen ein Loch, in welcher vermittelst von oben herabkommender Schrauben die Poldrähte der galvanischen Kette eingeklemmt werden können.

In *b* sey der positive, in *a* der negative Poldraht eingeklemmt, so ist die Gabel *cdef* gleichsam das positive, *ghik* dagegen das negative Polende (die negative Elektricität kann von *a* wegen des isolirenden Holzstücks in der Mitte der unteren horizontalen Axe nicht auf *b* übergehen). Dreht man nun den Knopf *l* nach der rechten Seite, so geht der eine Arm *cd* der oberen Gabel in das Quecksilbernäpfchen *x* herab, *ik* aber taucht in *y*; wenn also die Enden irgend eines Leitungsdrahtes in die Höhlungen *x* und *y* eingetaucht sind, so geht der positive Strom von *x* durch den Draht nach *y*; dreht man aber den Knopf *l* nach entgegengesetzter Richtung, so taucht *ef* in *y*, *gh* aber in *x* ein, und nun geht der Strom in entgegengesetzter Richtung durch den Draht, welcher das Quecksilbernäpfchen *x* und *y* verbindet. Haben die Gabeln die Stellung wie in Fig. 56, so ist die Kette nicht geschlossen.

Fig. 56.

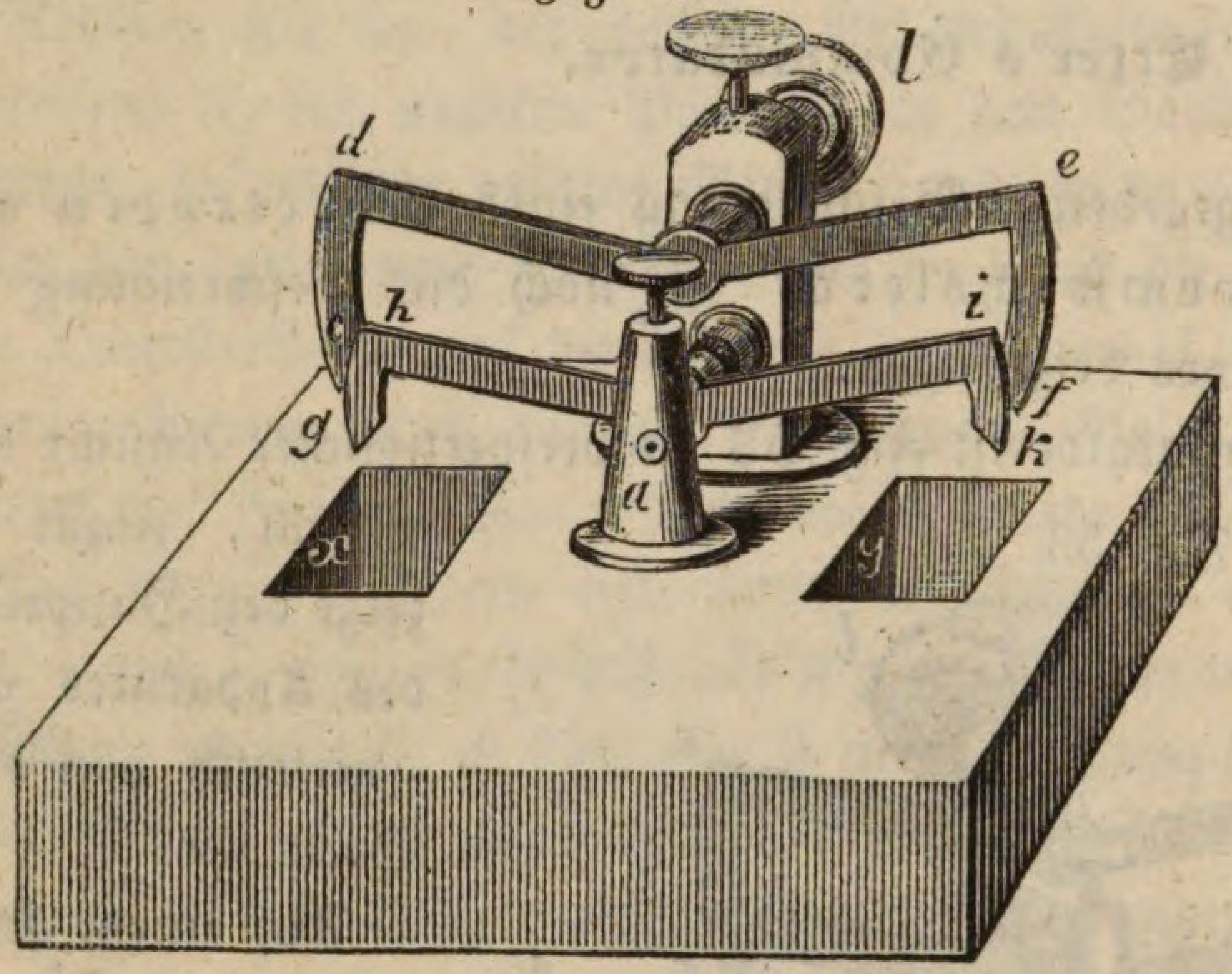


Fig. 57.

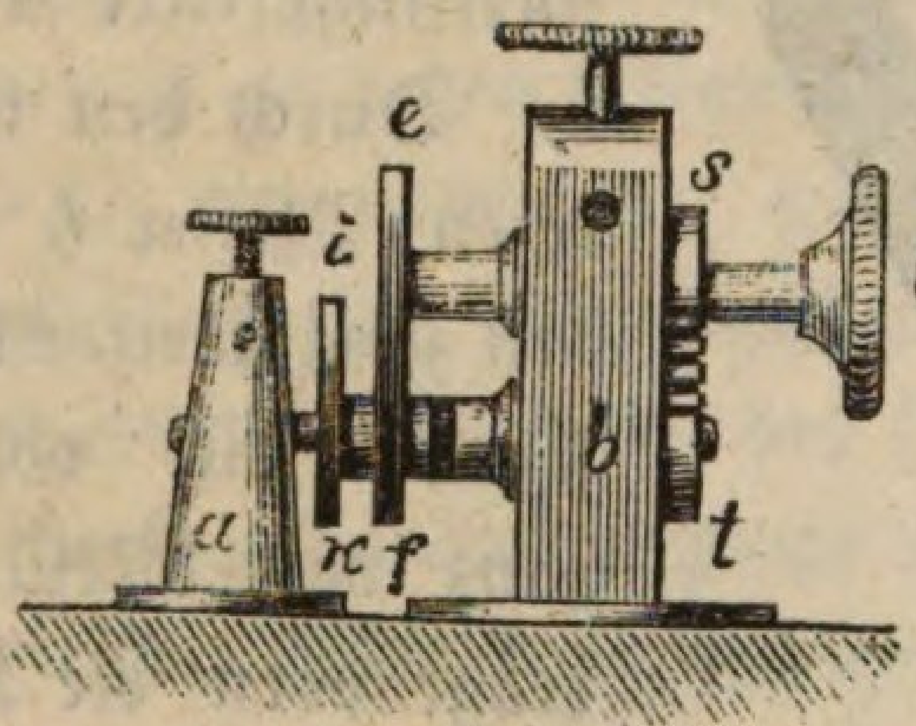
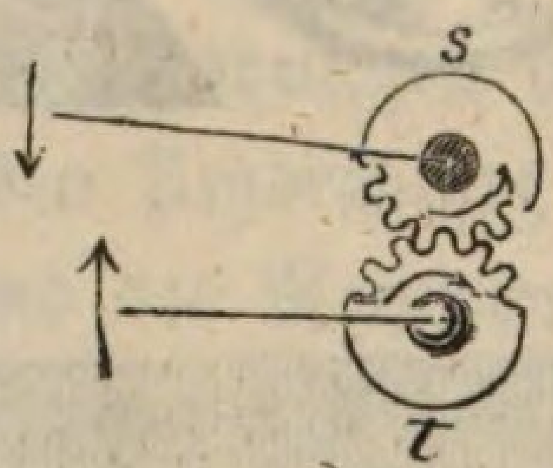


Fig. 58.

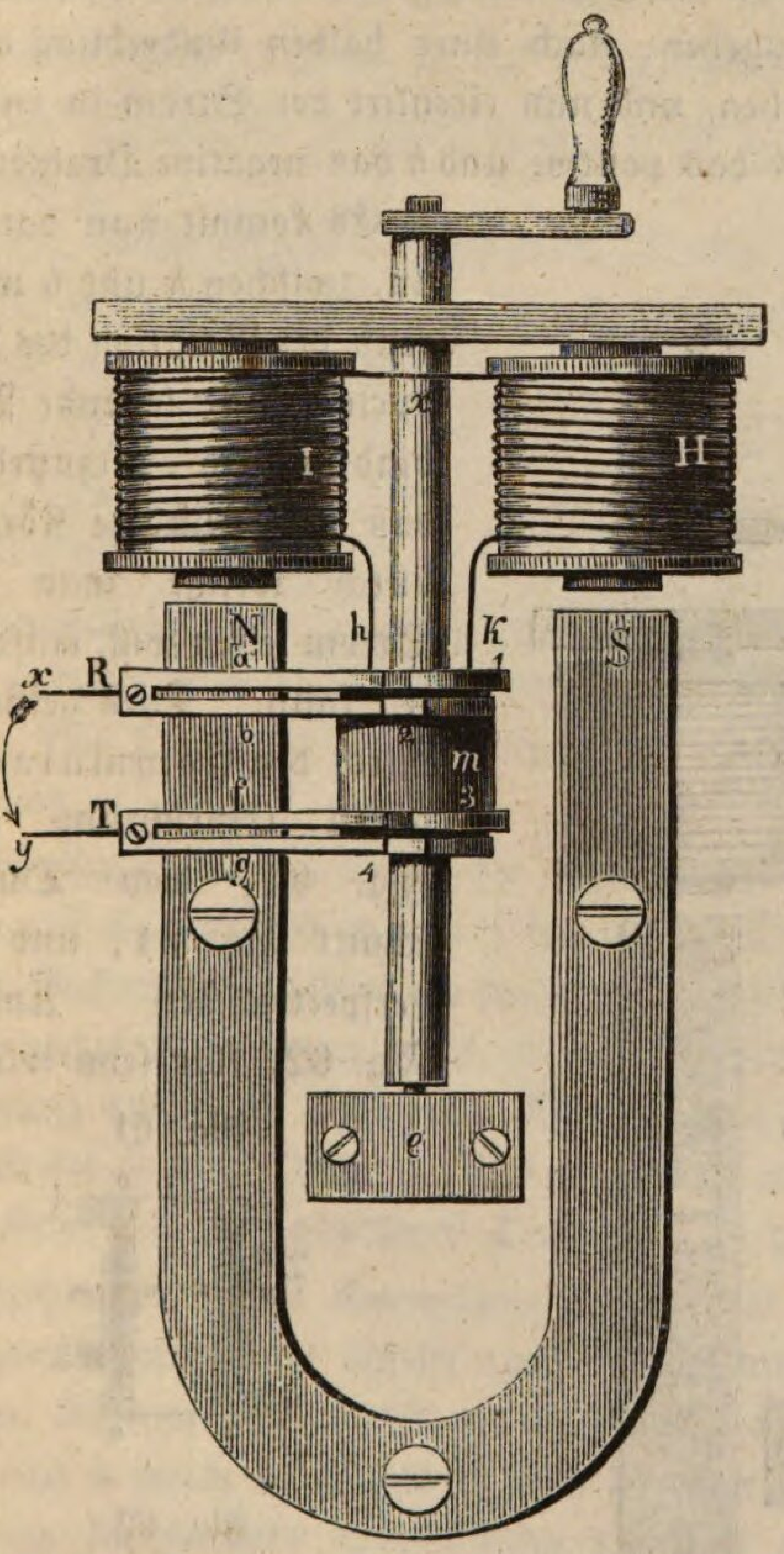


Die Magnetelektrisirmaschine.

Die Magnetelektrisirmaschinen sind in neuerer Zeit bedeutend verbessert worden, namentlich hat sich Stöhrer große Verdienste um ihre Vervollkommnung erworben.

Fig. 59. stellt eine ganz einfache magneto-elektrische Rotationsmaschine mit Stöhrer'schem Commutator dar.

Fig. 59.



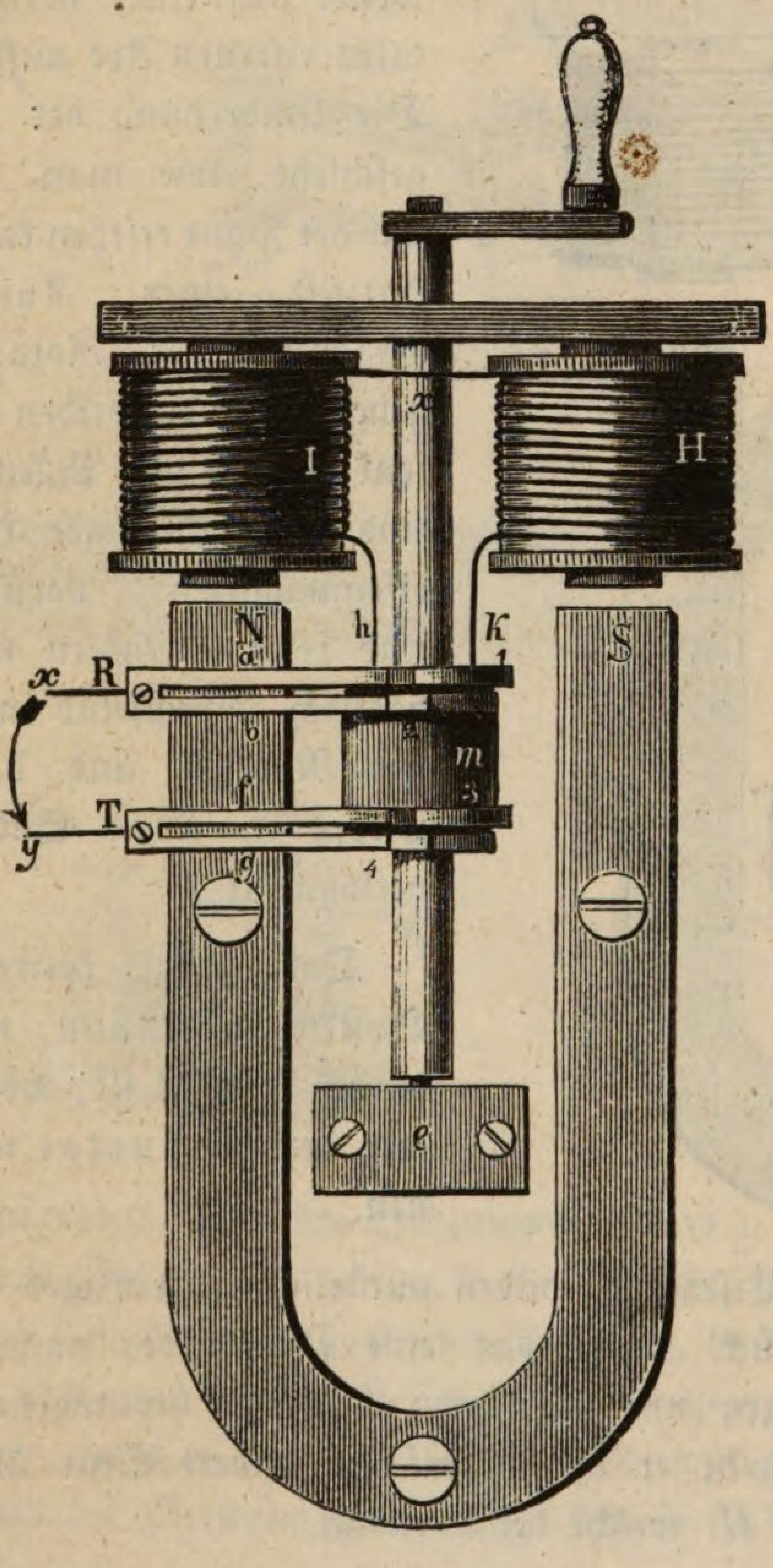
Die Inductionsspiralen *I* und *H* sind um zwei Cylinder von weichem Eisen gewickelt, welche an den beiden Enden einer Eisenplatte befestigt sind, deren Mitte auf einer horizontalen eisernen Axe aufsitzt. Die Umdrehung der Axe geschieht, wie man dies aus der Figur ersehen kann, mittelst einer Kurbel. Während der Rotation gehen nun die beiden Eisenkerne an den Polen *N* und *S* eines kräftigen Hufeisenmagneten vorüber, und jeder Eisenkern wird dadurch abwechselnd in einen Nordpol und dann wieder in einen Südpol verwandelt.

Das ganze rotirende System mit Allem, was daran befestigt ist, wollen wir den Inductor nennen.

Die Windungen um beide Eisenkerne bilden natürlich ein einziges ununterbrochenes langes Drahtstück. *h* ist das eine Drahtende; nachdem der Draht in vielen Windungen um den einen Eisenkern herumgehend, die Spirale *I* gebildet hat, geht er bei *x* auf die andere Seite über, bildet die andere Drahtspirale *H*, welche bei *k* endigt.

Sobald die Drahtenden h und k in leitender Verbindung sind, entsteht in den Windungen ein Inductionsstrom, wenn der Inductor gedreht wird. Die Richtung des Stromes hängt von der Art der Aufwindung ab. Nehmen wir an, der Draht sey so aufgewunden, daß bei x der positive Strom stets von der Spirale, welche sich gerade von unten her dem Pol S nähert, zu derjenigen übergeht, welche von oben her dem Pol N entgegengeht. In dem Moment, in welchem der Induetor gerade die in unserer Figur gezeichnete Stellung hat, wo also I unten bei N und H oben bei S ankommt, geht also der positive Strom von k durch die Spirale H, dann durch x in die Spirale I und das Drahtende h, um durch die metallische Verbindung von h in k überzugehen; nach einer halben Umdrehung aber wird H dem Pol N entgegengehen, und nun circulirt der Strom in entgegengesetzter Richtung, nun ist k das positive und h das negative Drahtende.

Fig. 60.



Es kommt nun darauf an, zwischen k und h während der Rotation des Inductors eine leitende Verbindung so herzustellen, daß man beliebige Körper, durch welche man den Strom leiten will, einschalten kann. Dies geschieht durch den Commutator, dessen Einrichtung aus Fig. 60, dem Durchschnitt Fig. 61, und der perspectivischen Ansicht Fig. 62, klar seyn wird.

Fig. 61.

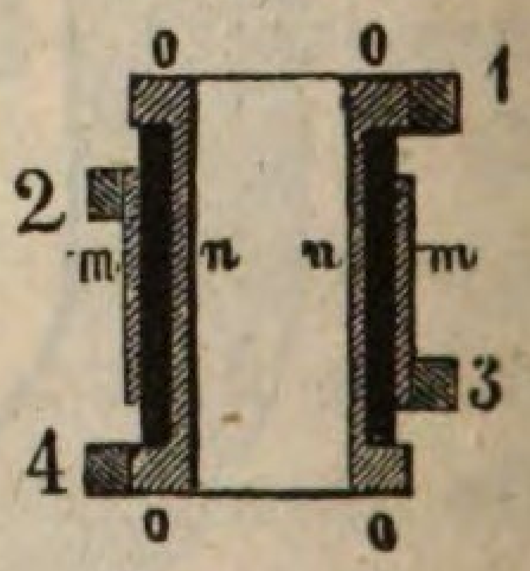
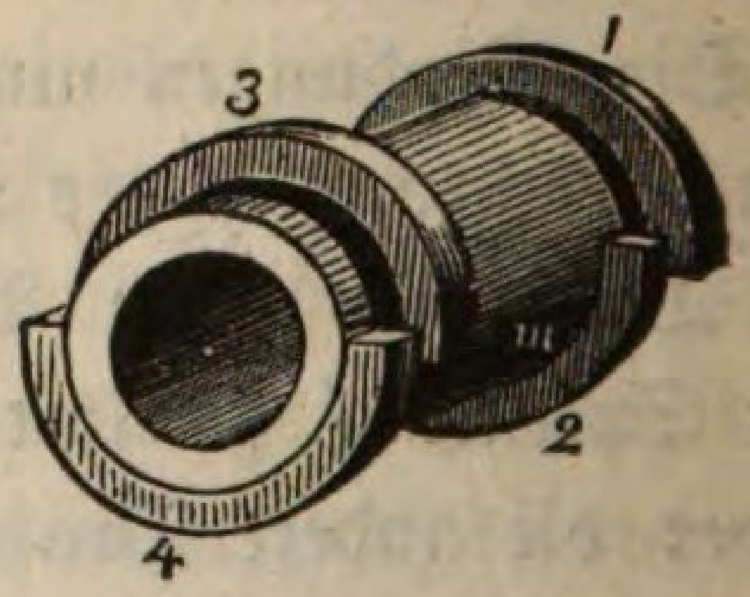


Fig. 62.



An den beiden Enden des Messingrohrs *m* sind zwei Stahlkämme 2 und 3 so aufgelöthet, daß sie genau gegenüberliegen und die Enden derselben sich etwas überragen. Innerhalb des Rohrs *m*, von demselben durch ein dünnes Buchsbaumrohr getrennt (in Fig. 61 ist der Durchschnitt des Buchsbaumrohrs ganz schwarz gemacht) ist ein zweites Messingrohr, welches an beiden Enden etwas vorragt. Die Vorsprünge tragen zwei mit dem Rohre *n* aus einem Stück gedrehte Ringe *o* von gleichem Durchmesser mit dem Rohre *m*; auf diese Ringe sind die Stahlkämme 1 und 4 den Stahlkämmen 3 und 2 correspondirend aufgelöthet, wie man dies am deutlichsten in Fig. 62 sieht.

Dieses ganze System ist auf der Umdrehungsaxe befestigt.

Das Drahtende *k* führt zum Kamm 1, das Drahtende *h* führt zum Kamm 2.

Zwei flache dünne Stahlfedern *R* und *T* sind an dem Gestelle der Maschine so angebracht, daß ihre vorderen geschlitzten Enden die Stahlkämme von oben leicht berühren; sie können nach Belieben mittelst einer Schraube mehr oder weniger gespannt werden.

Die Feder *R* theilt sich in die beiden Gabeln *a* und *b*, die Feder *T* theilt sich in *f* und *g*.

Vermittelst der an den Federn *R* und *S* angeschraubten Drähte *x* und *y* kann man den Inductionsstrom durch jeden beliebigen Körper leiten. Die Drähte *x* und *y* seyen auf irgend eine Weise in leitender Verbindung.

In der Stellung, welche die Figur darstellt, schleift *b* auf dem Kamm 2, *g* auf 4, während *a* und *f* frei sind. Da nun eben 2 von *h* die positive Elektricität aufnimmt, während 4 mit dem negativen Drahtende *k* in leitender Verbindung steht, so circulirt der positive Strom in folgender Richtung durch den Apparat. Von *h* geht er durch den Kamm 2 und die Gabel *b* zum Draht *x*, von *x* geht er auf *y* über, um über *g* und den Kamm 4 zum negativen Drahtende zu gelangen.

Nach einer halben Umdrehung wird *k* das positive und *h* das negative Drahtende, nun aber schleift auch *b* nicht mehr auf 2, und *g* nicht mehr auf 4, sondern jetzt schleift *a* auf 1 und *f* auf 3, der positive Strom geht also von *k* durch 1, *a* und *x* nach *y*, man sieht also, daß bei dieser Vorrichtung die leitende Verbindung zwischen *x* und *y* stets in derselben Richtung von einem elektrischen Strome durchlaufen wird, wenn in demselben Moment, in welchem sich der Strom in den Inductionsrollen umkehrt, die Gabeln, welche bisher auf ihren Kämmen schleiften, dieselben verlassen, und die bisher freien Gabeln auf ihre Kämme aufzuliegen kommen.

Da die Kämme noch etwas über einander greifen, so werden alle 4 Federn einen Augenblick gleichzeitig schleifen; d. h. 1 wird mit *a* schon in Berührung kommen, ehe 2 die Gabel *b* verläßt, ebenso kommt 3 mit *f* schon in Berührung, ehe 4 die Gabel *g* verläßt. In diesem Moment geht gar kein Strom durch die leitende Verbindung zwischen *x* und *y*, indem der Strom durch die Federn selbst von den positiven Kämmen zu den negativen übergeht.

In dem Moment, in welchem ein Stahlkamm seine Feder verläßt, wird hier der Strom unterbrochen, wobei ein lebhafter Funken erscheint.

Wenn in die Verbindung zwischen *x* und *y* der menschliche Körper eingeschaltet ist, so erhält man bei jeder der oben erwähnten Unterbrechungen einen Schlag; bei rascher Umdrehung des Inductors folgen diese Schläge sehr schnell auf einander und bringen dann dieselben physiologischen Erscheinungen hervor, welche schon früher beschrieben wurden.

Leitet man die Drähte *x* und *y* zu einem Wasserzersetzungsapparat, so wird durch den bei der Rotation erzeugten Inductionsstrom Wasser zersetzt.

Wird der Verbindungsdraht zwischen *x* und *y* spiralförmig um ein weiches Eisen gewunden, so wird dieses durch den Inductionsstrom magnetisch.

Wenn der Inductionsstrom durch einen ganz dünnen und kurzen Platindraht geleitet wird, so wird derselbe glühend.

Die Fig. 60 ist eigentlich nur das Schema einer magnet-elektrischen Rotationsmaschine; wenn, wie es in dieser Figur der Fall ist, die Kurbel unmittelbar an der Umdrehungsaxe angebracht wäre, so würde man nicht im Stande seyn, eine hinlängliche Rotationsgeschwindigkeit zu erlangen, die Bewegung muß deshalb durch irgend eine Vorrichtung von der Kurbel zur Axe des Inductors so übertragen werden, daß die Inductoraxe sich rascher umdreht als die Kurbelaxe. Gewöhnlich geschieht dies dadurch, daß an der Kurbelaxe eine größere, an die Inductoraxe eine kleinere Scheibe befestigt ist, welche Scheiben dann durch einen Schnurlauf verbunden sind, wie man dies an Ettingshausen's Magnetelektrisirmaschine sieht.

Der schon oben Seite 56 beschriebene Apparat Fig. 63 kann auch zur Hervorbringung von Inductionsströmen gebraucht werden. Zu diesem Zwecke stellt man nur die Verbindungsbügel *s*, Fig. 64, parallel mit den Federn 1 und 2, so daß keine metallische Verbindung zwischen 1 und 2 besteht; der negative Poldraht wird nun in das Säulchen der Feder 1 eingeschraubt. Der Strom tritt nun durch die Feder 5 ein, durchläuft

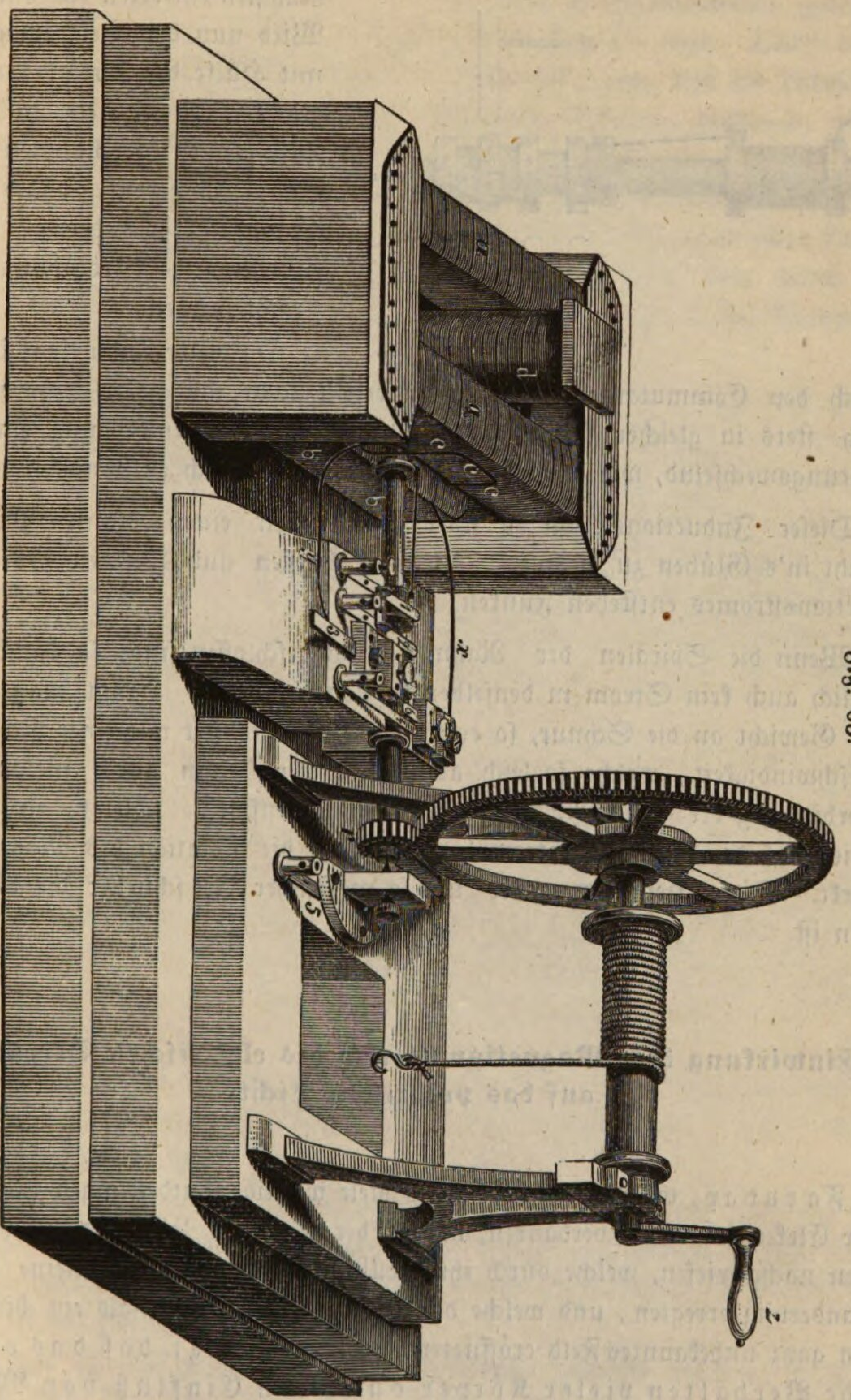
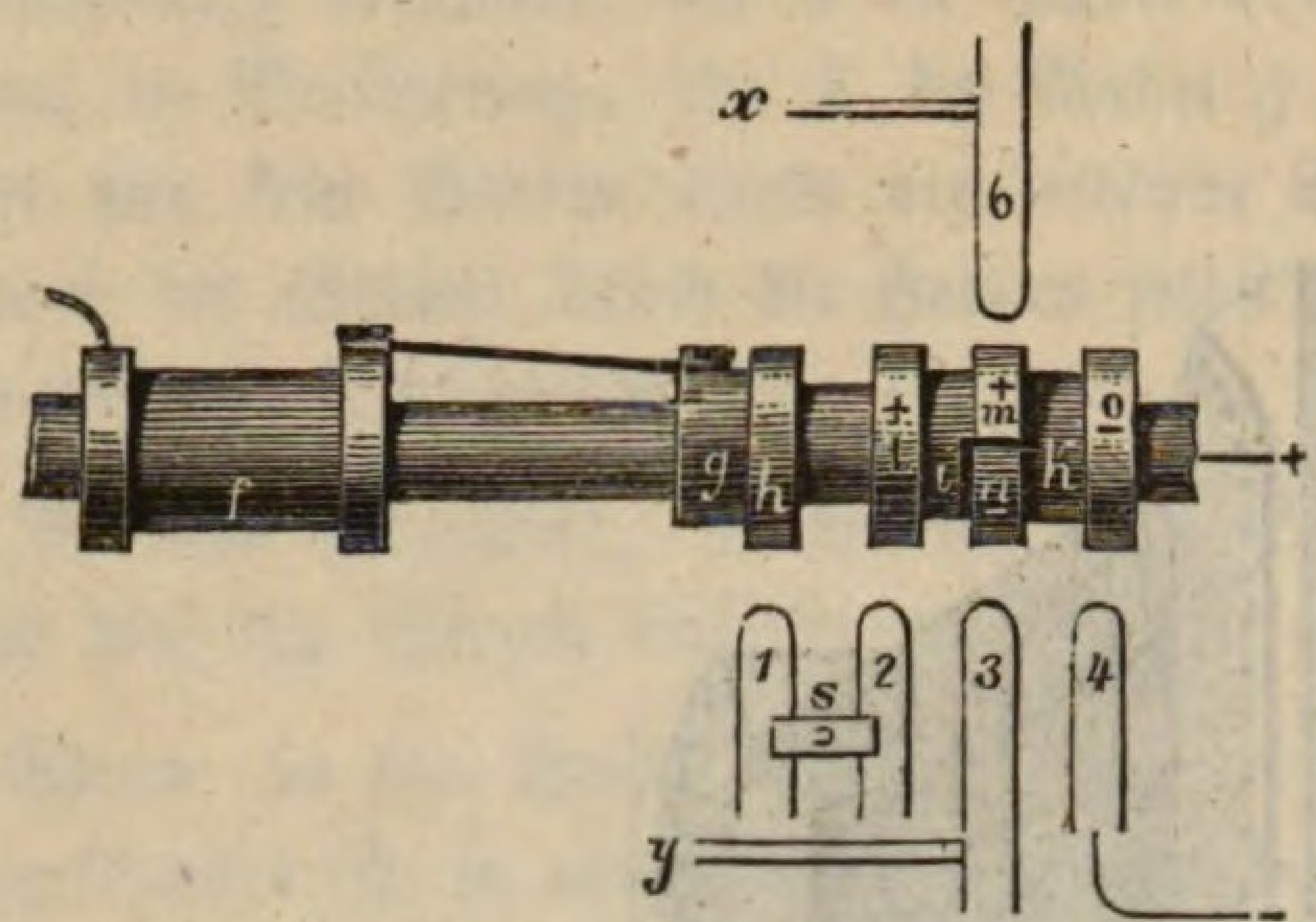


Fig. 63.

die Windungen des Elektromagneten und tritt durch die Feder 1 aus, ohne in die Windungen der Rahmen eintreten zu können. Wird nun der Elektromagnet mit Hülfe der Kurbel *z* umgedreht, so entsteht in den Windungen der Rahmen ein Inductionsstrom, sobald die Säulchen der Federn 2 und 4 in leitende Verbindung gebracht werden.

Fig. 64.



Da dieser Inductionsstrom durch den Commutator *mn* geht, so erhält man ihn gleich commutirt, d. h. stets in gleicher Richtung und nicht bei jeder Umdrehung einmal richtungswechselnd, wie er in den Spiralen ursprünglich entstand.

Dieser Inductionsstrom ist stark genug, um einen dünnen Platindraht in's Glühen zu bringen. Beim Schließen und Oeffnen des Inductionsstromes entstehen Funken.

Wenn die Spiralen der Rahmen nicht geschlossen sind, so kann natürlich auch kein Strom in denselben inducirt werden. Hängt man nun ein Gewicht an die Schnur, so rotirt der Elektromagnet mit einer gewissen Geschwindigkeit, welche sogleich abnimmt, wenn man durch metallische Verbindung der Säulchen 2 und 4 die Rahmenspirale schließt, ein Beweis, daß der inducirte Strom hemmend auf die Rotation des Magneten wirkt. Diese Hemmung wird um so merklicher, je schneller die Rotation ist.

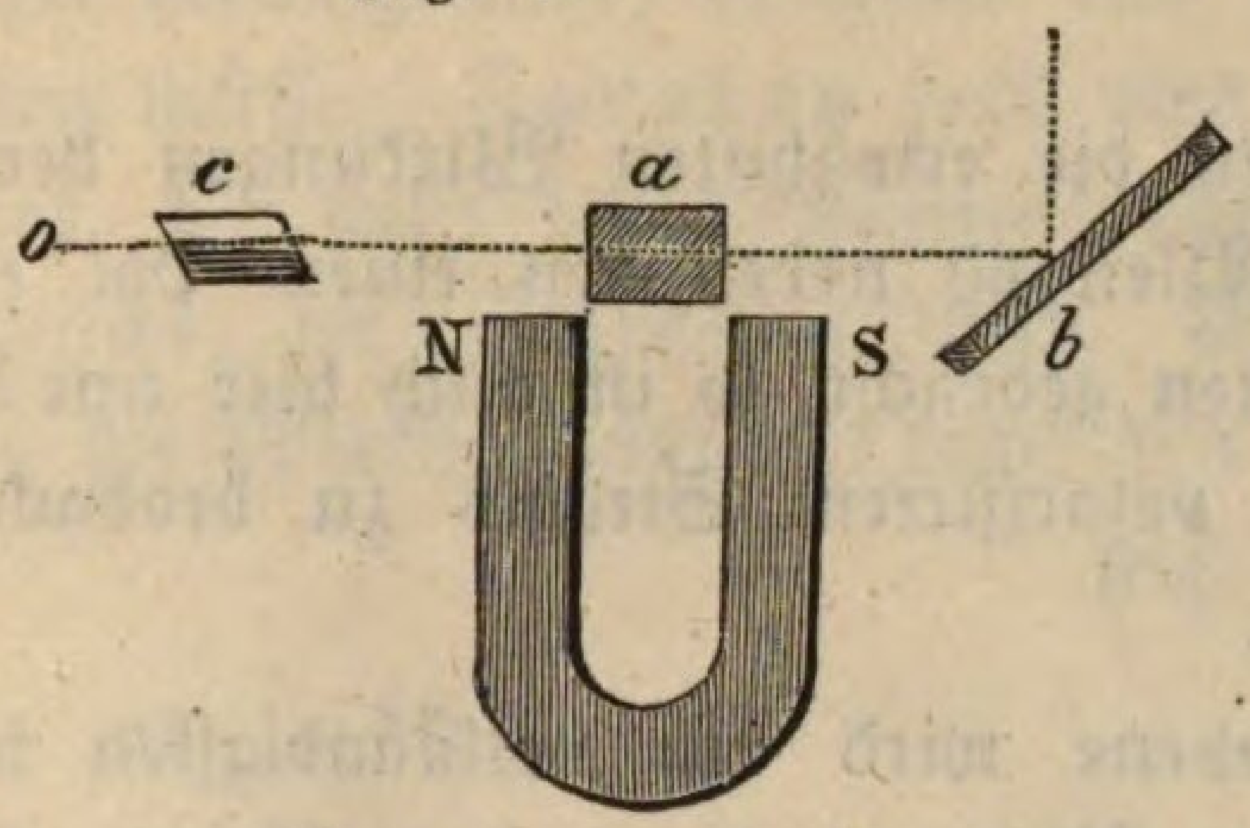
Einwirkung des Magnetismus und des elektrischen Stromes auf das polarisirte Licht.

Faraday, welchem wir schon so viele wichtige Entdeckungen im Felde der Elektricitätslehre verdanken, hat in der neuesten Zeit wieder Thatsachen nachgewiesen, welche durch ihre vollständige Neuheit allgemeine Verwunderung erregten, und welche den Naturforschern abermals ein bis dahin ganz unbekanntes Feld eröffneten; er hat gezeigt, daß das optische Verhalten vieler Körper durch den Einfluß von Magneten und elektrischen Strömen modificirt wird.

Ein Stück kiesel-borsaures Bleioxyd, welches Faraday kurz

auch schweres Glas nennt, von ungefähr 2 Zoll Länge, wurde in der Art zwischen die beiden Pole *N* und *S* eines Elektromagneten gebracht, wie es Fig. 65 zeigt. Durch dieses Glasstück *a* ging nun ein Lichtstrahl in einer Richtung hindurch, welche mit der Verbindungslinie der beiden Pole *N* und *S* parallel ist. Dieser von einer Argand'schen Lampe kommende Strahl war durch den Glasspiegel *b* polarisirt und wurde durch das Nichol'sche Prisma *c* analysirt.

Fig. 65.



Das Prisma *c* wurde so gedreht, daß nach Wegnahme von *a* das Gesichtsfeld dunkel erschien, daß also die Polarisationsebene des Prismas *c* rechtwinklig zu der des Polarisationsspiegels *b* war. Durch Zwischenbringung von *a* wurde nichts geändert, das Gesichtsfeld blieb dunkel, so lange kein Strom durch die Drahtwindungen des Elektromagneten ging, sobald aber das weiche Eisen durch den elektrischen Strom magnetisch gemacht wurde, erschien das Gesichtsfeld hell; man mußte das Nichol'sche Prisma nach der rechten oder linken Seite drehen, um das Gesichtsfeld wieder dunkel zu machen.

Durch die Einwirkung des Elektromagneten auf *a* war also die Polarisationsebene der von *b* kommenden Strahlen nach der rechten oder linken Seite gedreht worden.

Mit einem starken Stahlmagneten kann man nur eine sehr unbedeutende Drehung der Polarisationsebene erlangen; mit einem solchen ist also die Erscheinung nicht sehr deutlich. Der Elektromagnet, den Faraday anwandte, war so stark, daß ein Pol für sich allein 28 bis 56 Pfund tragen konnte.

Ist durch die Einwirkung des Elektromagneten das vorher dunkle Gesichtsfeld hell gemacht worden, so wird es alsbald wieder dunkel, wenn man den Strom unterbricht.

Wenn der dem Beobachter in *o* zunächst liegende Pol derjenige ist, welcher dem Nordende der Magnetnadel entspricht, so ist die Polarisationsebene nach der rechten gedreht, nach der linken aber, wenn der Südpol der dem Beobachter zugekehrte ist.

Wäre an die Stelle von *a* ein Eisenstab gebracht worden, so wäre er in einen Magneten verwandelt worden. Die Richtung, nach welcher ein in *a* befindliches Eisen vom positiven Strom umkreis't werden müßte, um ihm dieselbe Polarität mitzutheilen, die es unter dem Einfluß der

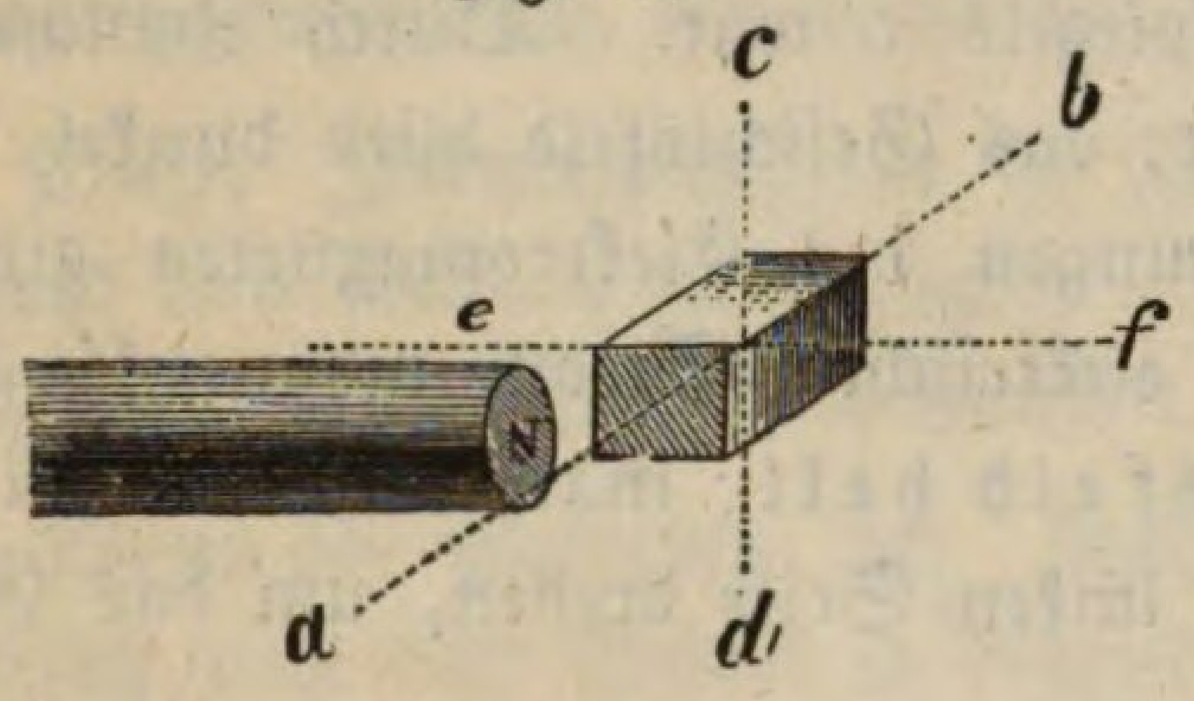
Magnetpole N und S erhält, ist dieselbe, nach welcher die Polarisationsebene im schweren Glase durch den Einfluß derselben Magnetpole gedreht wird.

Auch ein einziger Pol kann schon die erwähnten Wirkungen hervorbringen. Wird das kiesel-borsaure Bleioxyd neben den einen Pol eines kräftigen stabförmigen Elektromagneten gebracht, so ist auch hier eine Drehung der Polarisationsebene eines polarisirten Strahls zu beobachten, welcher das schwere Glas durchläuft.

Die Drehung der Polarisationsebene wird am vollständigsten beobachtet, wenn der Strahl in derjenigen Richtung durch das schwere Glas geht, welche die Axe des Magneten seyn würde, welcher entstände, wenn man für das schwere Glas ein Stück Eisen substituirte.

In Fig. 66 stelle N den Pol oder Elektromagneten, der neben ihm stehende rechteckige Körper das schwere Glas dar. Wäre es Eisen, so würde es zu einem Magneten werden, dessen Axe mit den Linien ab zusammenfällt (Faraday nennt diese Richtung eine Magnetkraftlinie), ein in dieser Richtung das schwere Glas durchlaufender polarisirter Strahl erfährt nun durch den Einfluß des Elektromagneten eine Drehung seiner Polarisationsebene. Je mehr die Richtung des durchgehenden Strahls von der Richtung der Magnetkraftlinie abweicht, desto geringer ist die Drehung seiner Polarisationsebene, sie ist Null für alle Strahlen, welche das schwere Glas rechtwinklig zur Magnetkraftlinie durchlaufen. Ein Strahl cd oder ef würde also keine Drehung der Polarisationsebene erfahren.

Fig. 66.



Für den Körper a, Fig. 65, ist ab die Magnetkraftlinie; an einem polarisirten Strahl, welcher a rechtwinklig zu ob durchläuft, ist keine Drehung der Polarisationsebene zu beobachten.

Das borsaure Blei zeigt die erwähnten Erscheinungen eben so gut wie das kiesel-borsaure; Flintglas zeigt sie in geringerem Grade, Kronglas in noch schwächerem Maaße.

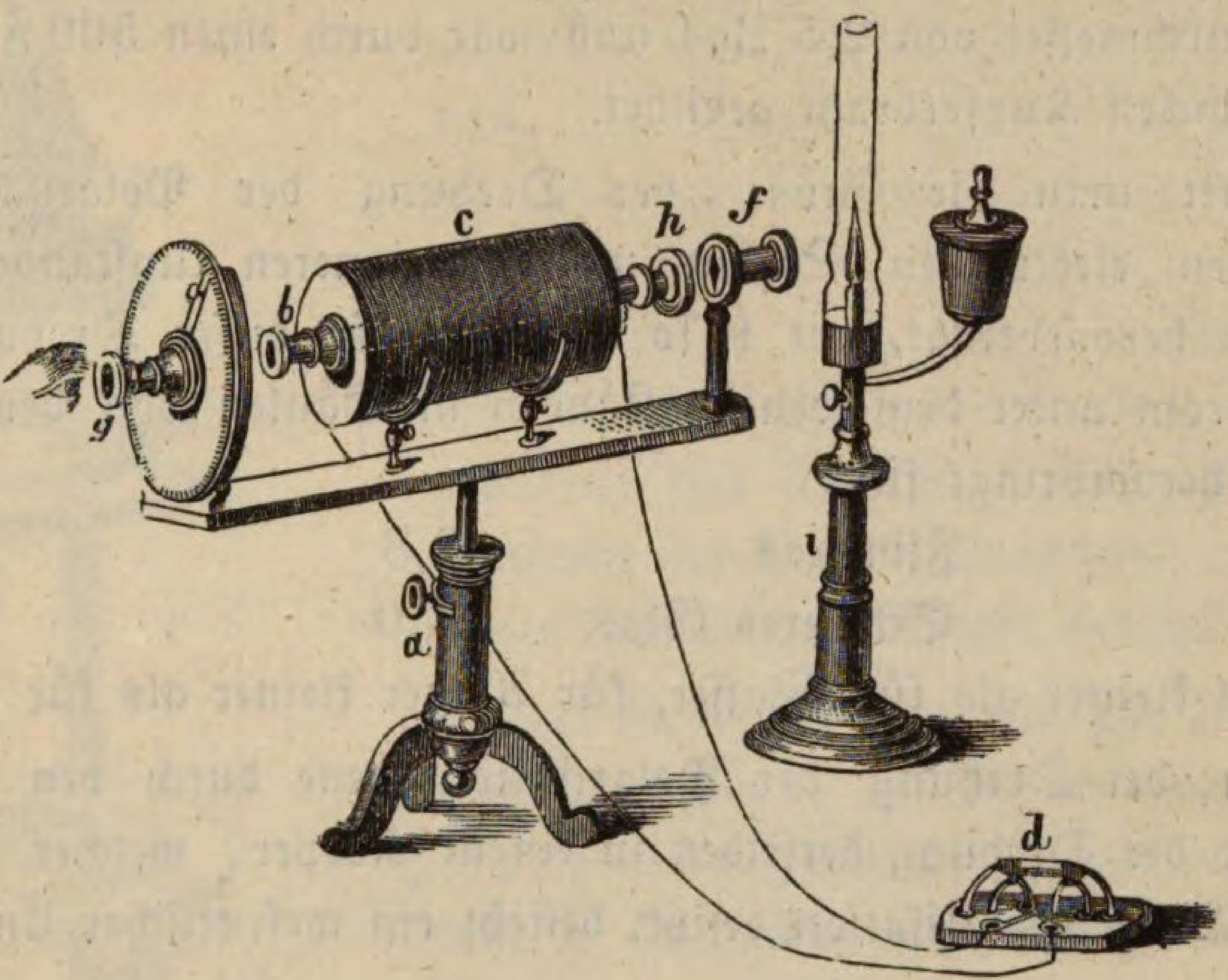
Steinsalz, Flußspath, Alaun zeigten Spuren einer Drehung, beim Bergkrystall, Kalkspath, Schwerspath, Gyps, kohlensauren Natron wurde gar nichts der Art beobachtet.

Die Drehung der Polarisationsebene durch den Einfluß des Magnetismus wurde endlich auch an Flüssigkeiten beobachtet, namentlich bei Wasser, Alkohol, Aether, Oelen, wässerigen und weingeistigen Lösungen u. s. w.

Nach den erwähnten Erscheinungen ließ sich erwarten, daß ein elektrischer Strom, in Form eines Schraubendrahtes, um die durchsichtigen Körper herumgeleitet, ebenfalls eine Drehung der Polarisationsebene bewirken müsse. Faraday fand dies vollkommen bestätigt.

Fig. 67 stellt einen Apparat dar, wie ihn Böttger auf die erste Nachricht der Faraday'schen Entdeckung construirte, um die Drehung der Polarisationsebene durch den elektrischen Strom zu zeigen. *g* und

Fig. 67.



f sind zwei Nichol'sche Prismen; *bh* ist eine an beiden Enden mit Glasplatten verschlossene Messingröhre, die mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt ist; sie steckt in einer eisernen Röhre, die von der elektromagnetischen Spirale *c* umgeben ist. Man sieht durch die beiden Nichol'schen Prismen und die mit der Flüssigkeit gefüllte Röhre nach den Flammen einer Argand'schen Lampe. Das Ocularprisma *g* wird so gedreht, daß das Gesichtsfeld dunkel ist; läßt man nun einen kräftigen galvanischen Strom durch die Spirale gehen, so erscheint alsbald die Flamme wieder, und man muß *g* nach der rechten oder linken Seite drehen, um sie wieder verschwinden zu machen.

Der Gyrotrop *d* dient zur leichtern Richtungsänderung des Stromes.

Wie sich nach den mit dem Elektromagneten erhaltenen Resultaten erwarten ließ, wird die Polarisationsebene des Strahls nach derselben Richtung gedreht, nach welcher der positive Strom in der Spirale circulirt.

Bringt man Körper, welche schon von Natur ein Drehungsvermögen besitzen, in die Rolle, so ist der Effekt des elektrischen Stromes zu dem

ihrer eigenen Kraft zu addiren oder davon abzuziehen, je nachdem der Strom die Polarisationsebene nach derselben oder nach der entgegengesetzten Richtung dreht, wie die Flüssigkeit selbst.

Die Drahtspiralen, welche Faraday zu seinen Versuchen anwandte, waren ziemlich lang; eine hatte eine Länge von 65 Zoll und war durch zwei Lagen von Windungen eines 0,03 Zoll dicken Drahtes gebildet, dessen Gesammtlänge 1240 Fuß betrug, sie hatte einen inneren Durchmesser von 0,4 Zoll. Eine zweite Spirale hatte eine Länge von 26,5 Zoll, einen inneren Durchmesser von 2,5 Zoll und war durch einen 500 Fuß langen, 0,17 Zoll dicken Kupferdraht gebildet.

Bezeichnet man die Größe der Drehung der Polarisationsebene, welche einen elektrischen Strom unter geeigneten Umständen in einer Wassersäule hervorbringt, mit 1, so ist die Größe dieser Drehung, welche derselbe Strom unter denselben Umständen in Säulen von denselben Dimensionen hervorbringt für

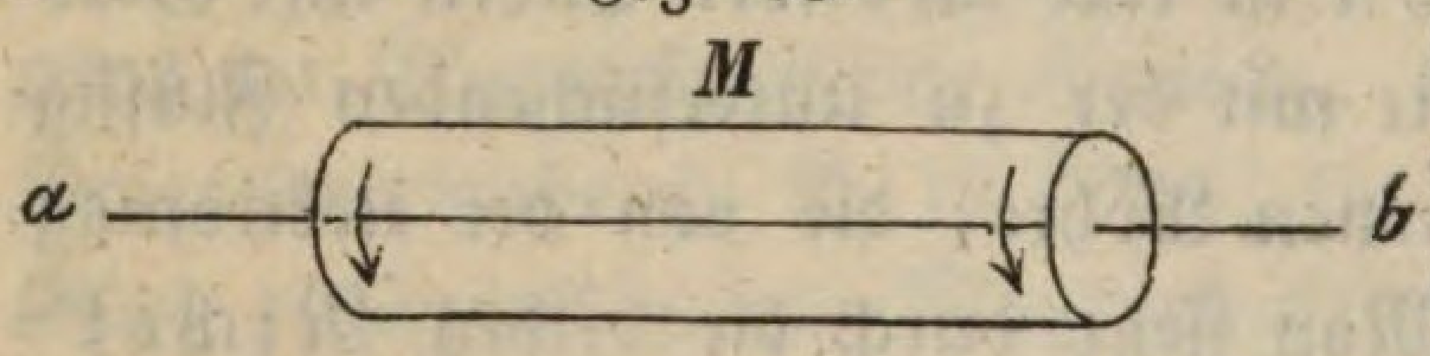
Flintglas . . .	2,8
Schweres Glas .	6,0

für Alkohol kleiner als für Wasser, für Aether kleiner als für Alkohol.

Zwischen der Drehung der Polarisationsebene durch den elektrischen Strom und der Drehung derselben in einem Körper, welcher die Eigenschaft der Circularpolarisation besitzt, besteht ein wesentlicher Unterschied.

In Fig. 68 stelle der Cylinder M ein Diamagneticum (so nennt Faraday alle Körper, auf welche der Magnetismus in anderer Weise wirkt als auf magnetische Körper) dar, welches in der Richtung der Pfeile von elektrischen Strömen umkreis't wird, so wird auch die Polarisationsebene eines Strahls, welcher M in der Richtung der Axe durchläuft, stets nach der Richtung der Pfeile gedreht. Geht nun der Strahl in der Richtung von a nach b fort, so beobachtet also ein in b befindliches Auge eine Drehung nach der Linken, während, wenn der Strahl sich von b nach a fortpflanzte, ein in a befindliches Auge unter sonst ganz gleichen Umständen eine Drehung nach der Rechten beobachtet. Bei circularpolarisirenden Körpern ist das nicht so. Wäre M ein rechtsdrehender circularpolarisirender Körper, so würde man die Polarisationsebene nach der rechten Seite gedreht finden, möchte man nun von b nach a oder von a nach b schauen.

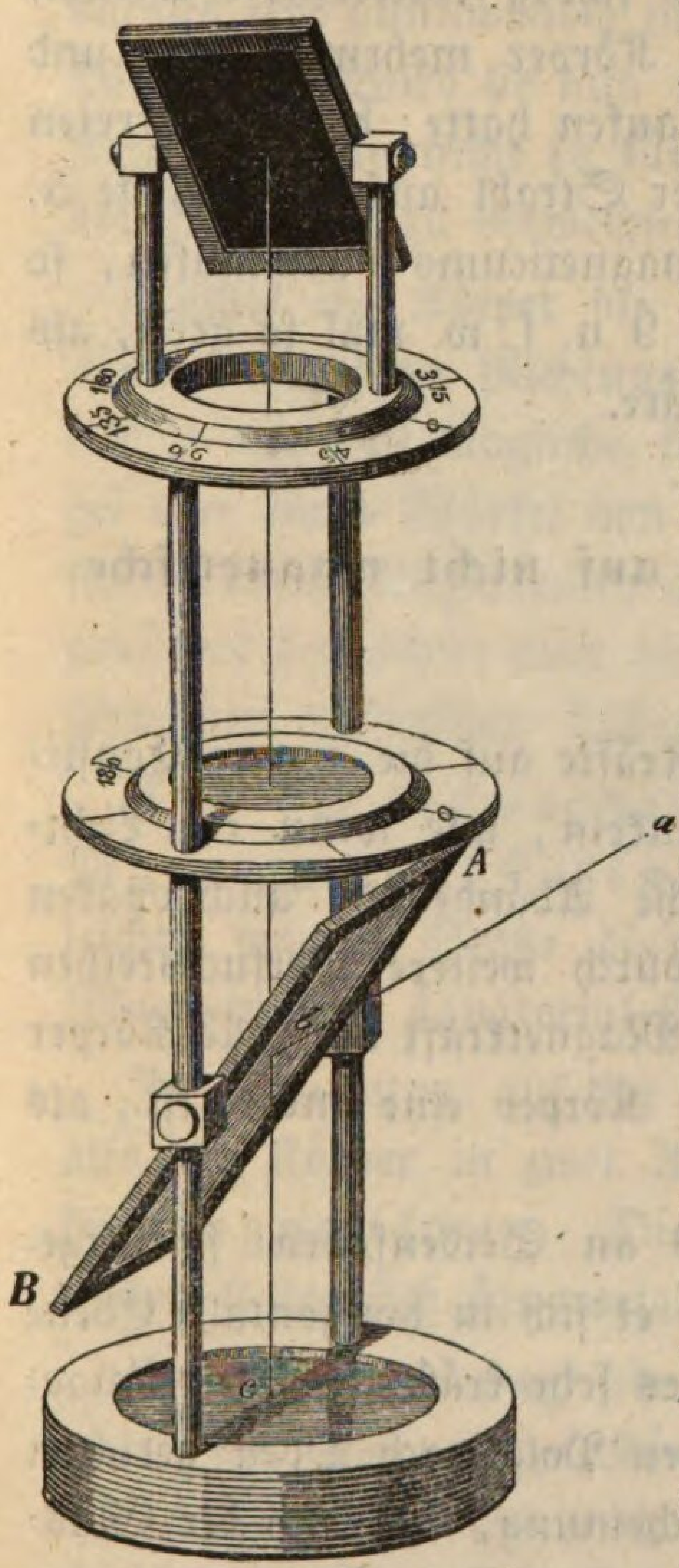
Fig 68.



Dringt ein Lichtstrahl in ein circularpolarisirendes Mittel in der Richtung von b nach a, so würde, vorausgesetzt, daß das Mittel ein rechtsdrehendes ist, einem in a befindlichen Auge die Polarisationsebene des

einfallenden Strahles nach der rechten Seite, also in der Richtung der Pfeile gedreht erscheinen. Wenn aber nun die Endfläche links belegt ist, so daß der sie treffende Strahl reflectirt wird, so wird der reflectirte Strahl eine solche Drehung der Polarisationsebene erleiden, daß sie einem in *b* befindlichen Auge nach der rechten gedreht erscheint, für den reflectirten Strahl findet also eine Drehung der Polarisationsebene in einer der Richtung der Pfeile entgegengesetzten Richtung Statt.

Fig. 69.



Absolut genommen ist also die Richtung der Drehung der Polarisationsebene vor und nach der Spiegelung eine entgegengesetzte, die Drehung, welche die Polarisationsebene des Strahls von seiner Reflexion erlitten hat, wird durch die entgegengesetzte Drehung, die er nach seiner Reflexion erleidet, wieder aufgehoben; das Auge in *b* wird also gar keine Drehung der Polarisationsebene an dem von *a* her kommenden Strahl beobachten können.

Legt man eine senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatte auf den mittleren Tisch des Nörrembergischen Polarisationsapparates, so beobachtet man die schon früher beschriebenen Erscheinungen der Circularpolarisation, legt man aber die Quarzplatte auf den belegten Spiegel *c* im Fuße des Polarisationsapparates Figur 69, so tritt der eben besprochene Fall ein, man beobachtet keine Drehung der Polarisationsebene mehr.

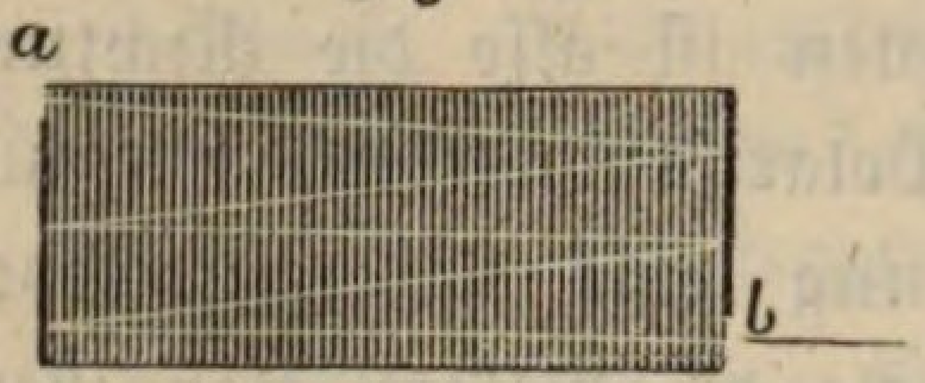
Da die Drehung der Polarisationsebene durch den Einfluß des elektrischen Stromes nur von der Richtung dieses Stromes abhängt, da sie absolut dieselbe ist, mögen die Strahlen nach der einen oder nach der anderen Seite fortgehen, so findet hier keine Aufhebung der Drehung der Polarisationsebene Statt, wenn der Strahl an der Rückwand gespiegelt wieder zurückläuft.

Wenn der Körper *M*, Fig. 68, durch elektrische Ströme die Eigenschaft erhalten hat, die Polarisationsebene zu drehen, so wird ein in *b* befindliches Auge die Polarisationsebene des an der anderen Endfläche reflectirten Strahles doppelt so stark gedreht finden, als wenn der Strahl hier ausgetreten und nach *a* gelangt wäre.

Faraday hat dies sehr sinnreich benutzt, um die Drehung der Polarisationsebene in einem kurzen Stück eines Diamagneticums sehr merklich zu machen.

Ein Parallelopiped von schwerem Glase, 2,5 Zoll lang, dessen Querschnitt ein Quadrat von 7 Linien Seite war, wurde an beiden Enden polirt und versilbert. Auf der einen Seite wurde die Belegung bei *a*, auf der andern Seite wurde sie bei *b* auf etwa 1 Linie Breite weggenommen, so daß ein bei *a* etwas schräg eintretender Strahl, nachdem er den Körper mehrmals hin- und hergehend durchlaufen hatte, bei *b* austreten konnte. Hat der Strahl auf diese Weise 5, 7, 9 u. s. w. mal die ganze Länge des Diamagneticums durchlaufen, so ist die Drehung der Polarisationsebene 5, 7, 9 u. s. w. mal so groß, als wenn er nur einmal gerade durchgegangen wäre.

Fig. 70.

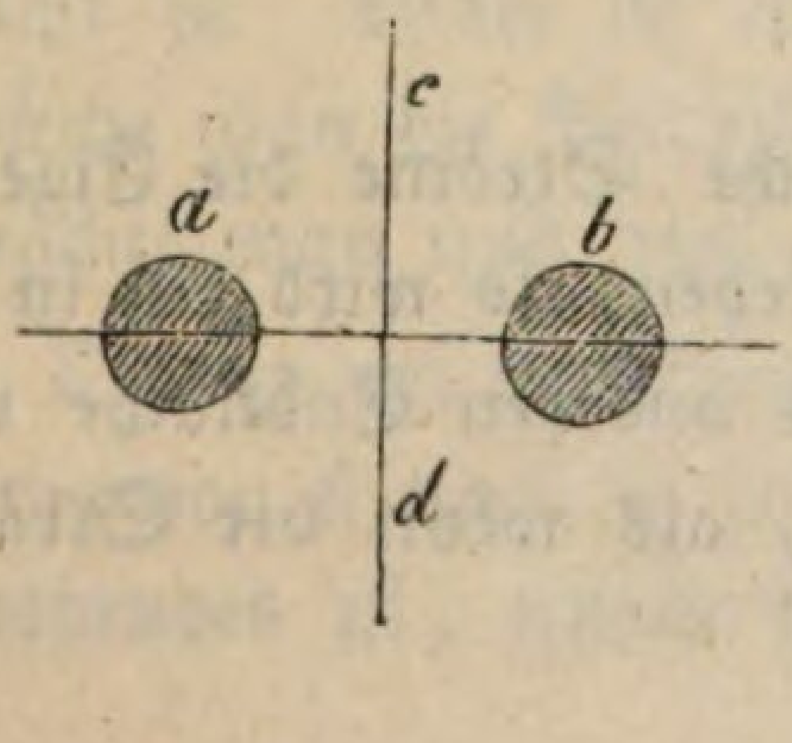


Abstoßende Wirkung der Magnete auf nicht magnetische Körper.

Ohne Zweifel wirken die magnetischen Kräfte auf die innere Constitution der Diamagnetica eben so frei im Dunkeln, wie wenn ein Lichtstrahl sie geht; ferner muß eine solche Abänderung auch opaken Körpern zukommen. Faraday hat dies durch weitere Versuchsreihen vollkommen bestätigt, er hat gezeigt, daß die Magnetkraft auf alle Körper wirkt, daß aber die Wirkung auf magnetische Körper eine andere ist, als auf die diamagnetischen.

Bringt man einen Stab schweren Glases an Seidenfäden so aufgehängt, daß seine Längenaxe horizontal ist und er sich in horizontaler Ebene frei drehen kann zwischen die beiden Pole eines sehr kräftigen Elektromagneten, welcher so gestellt ist, daß seine beiden Pole nach Oben gerichtet sind, so beobachtet man die merkwürdige Erscheinung, daß sich der Glasstab rechtwinklig zu der Verbindungslinie der beiden Pole stellt, und aus dieser Lage herausgebracht nach einigen Schwingungen stets wieder in dieselbe zurückkehrt.

Fig. 71.



In Fig. 71 seien *a* und *b* die beiden nach Oben gerichteten Pole eines vertikal gestellten kräftigen Elektromagneten, so ist *cd* die Lage, welche der Glasstab einnimmt. Hätte man statt des Glasstabes einen Eisenstab zwischen den Polen aufgehängt, so hätte er sich in die Richtung gestellt, welche die Magnetpole verbindet.

Faraday nennt die Richtung *ab* die axiale, *cd* die äquatoriale Lage. Ein Eisenstab stellt sich also zwischen den beiden Magnetnadeln axial, der Glasstab stellt sich äquatorial.

Eine Menge anderer Körper geben dasselbe Resultat; besonders stark zeigt sich die Kraft, welche den Stab in die äquatoriale Lage führt, beim Phosphor und Wismuth. Auch auf Flüssigkeiten übt der Magnet diese Wirkung aus.

Flintglas stellt sich ebenfalls äquatorial, wenn aber eine Röhre daraus sehr dünnwandig ist, giebt sie für sich allein nur eine sehr schwache Wirkung. Wird sie nun mit Flüssigkeit gefüllt, so ist die Wirkung so stark, daß man nicht zu fürchten braucht, den Effect des Glases mit dem der Flüssigkeit zu verwechseln.

Damit ein Körper die äquatoriale Stellung einnehme, ist es nöthig, daß er nach einer Richtung mehr ausgedehnt sey, als nach allen andern, daß er also eine längliche, stabförmige Gestalt hat. Hängt man eine Kugel oder einen Würfel von Phosphor oder Wismuth in der Mitte zwischen beiden Magnetpolen auf, so richtet sich dieser nicht; einem der Pole genähert beobachtet man aber eine Abstoßung, welche auffallend einer schwachen elektrischen Abstoßung ähnelt.

Auf die diamagnetischen Körper wirken also kräftige Magnetpole abstoßend; durch diese Abstoßung erklärt sich nun auch leicht, warum Stäbe diamagnetischer Körper sich zwischen den beiden Magnetnadeln äquatorial stellen.

In Beziehung auf ihr Verhalten gegen den Magnetismus zerfallen also alle Körper in zwei Abtheilungen, in die magnetischen und die diamagnetischen. Die magnetischen stellen sich axial, die diamagnetischen stellen sich äquatorial.

Durch Anwendung sehr kräftiger Elektromagnete ergiebt sich, daß die Klasse der magnetischen Körper zahlreicher ist, als man durch die gewöhnlichen Prüfungsmittel nachweisen konnte, es stellen sich nämlich sehr schwach magnetische Körper, die sonst keine Spur von Magnetismus zeigen, zwischen den Polen kräftiger Elektromagnete noch axial. Faraday fand durch dieses Mittel, daß außer den drei bekannten magnetischen Metallen auch noch Mangan, Chrom, Cer, Titan, Palladium, Platin und Osmium magnetisch sind.

Fast alle Eisenverbindungen erweisen sich zwischen den Polen des Elektromagneten als magnetisch, so z. B. grünes Bouteillenglas. Auch die Eisensalze sind magnetisch und stellen sich axial, mag man sie nun als Krystalle oder in aufgelös'tem Zustande in dünnwandigen Glasröhren anwenden.

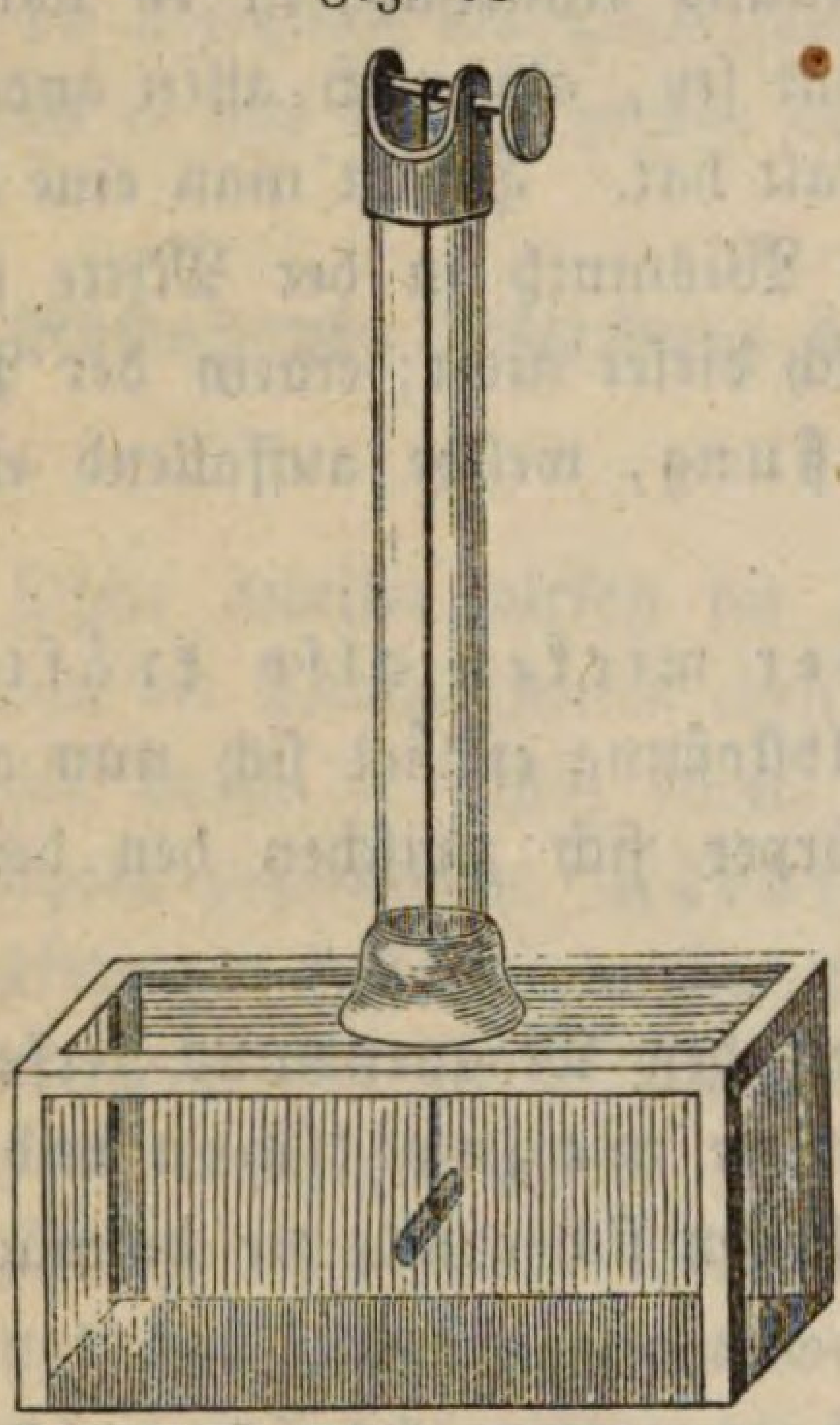
Der schon oben Seite 54 beschriebene Elektromagnet hat eine für Versuche über Diamagnetismus sehr geeignete Form.

Um Versuche mit diamagnetischen Körpern anzustellen, muß man die Magnetpole beliebig nähern können. Um dies zu erreichen, wird auf jeden Pol des Elektromagneten ein Stück weiches Eisen gelegt, von der Form, wie man sie Fig. 72 sieht. Auf einer Seite ist jedes dieser Eisenstücke konisch zugespitzt, und sie werden so auf die oberen Enden des Uförmigen Eisens aufgelegt, daß die Spitzen einander zugekehrt sind. Diese Spitzen bilden nun die Pole, zwischen denen der zu untersuchende Körper aufgehängt wird.

Fig. 72.

Um den zwischen den beiden Polen hängenden Körper vor Luftzug zu schützen, wird auf das Tischlein *t*, Fig. 4 , aus welchem die Magnetpole hervorragen, ein Glaskasten gesetzt. Ein solcher Glaskasten von möglichst einfacher Einrichtung (die Kanten sind durch Papierstreifen verklebt) ist durch Fig. 73 dargestellt. Die obere Glasplatte hat in der Mitte ein Loch, über welchem sich eine Glasröhre erhebt; an dem oberen Ende ist eine Fassung mit einem horizontalen drehbaren Stäbchen angebracht, an welchem der Seidenfaden hängt, der den zu untersuchenden Körper trägt. Durch Drehen dieses Stäbchens kann man den unten hängenden Körper beliebig heben und senken.

Fig. 73



Beim Etter'schen Apparate hat dieser Aufsatz ganz die Einrichtung der Coulomb'schen Drehwage; auf der oberen Fassung der Röhre dreht sich ein getheilter Metallring, welcher die zum Aufwinden des Fadens dienende Welle trägt; durch diese Drehung kann man das zu untersuchende Stäbchen leicht in jede beliebige Lage bringen; die Theilung ist jedoch hier zwecklos, sie kann füglich wegbleiben, wenn man den Apparat nicht auch sonst noch gebrauchen will. Bei der Fig. 73 dargestellten Einrichtung steckt die Glasröhre unten in einer ringsum mit Tuch belegten Holzfassung, die auf die obere Glasplatte des Kästchens aufgeleimt ist, man kann also die ganze Glasröhre sehr sicher um ihre vertikale Axe umdrehen und dadurch das Stäbchen in die beliebige Lage bringen.

Es ist zweckmäßig, das Stäbchen in einer Schleife des Fadens zu be-

festigen und nicht in ein Schiffchen zu legen, weil die Magnetpole schon auf die Substanz des Schiffchens wirken, wodurch die Resultate unsicher werden.

Hat man den zu prüfenden Körper gehörig aufgehängt, und den Glaskasten auf das Tischlein *t* gesetzt, während die Kette noch nicht geschlossen ist, so läßt man nun das Stäbchen herab, bis es zwischen den beiden Spitzen in der Mitte hängt; die Entfernung der beiden Spitzen muß etwas größer seyn als die Länge des Stäbchens. Wenn das Stäbchen in einer Lage zur Ruhe gekommen ist, welche ungefähr zwischen der axialen und der äquatorialen in der Mitte liegt, so wird es, je nachdem seine Substanz magnetisch oder diamagnetisch ist, entweder nach der axialen oder äquatorialen Lage hingetrieben, sobald man die Kette schließt; begreiflicher Weise kommt aber das Stäbchen nicht sogleich in seiner neuen Gleichgewichtslage zur Ruhe, sondern es schwingt um diese Gleichgewichtslage mit einer Geschwindigkeit, die von der Stärke abhängt, mit welcher die Magnetpole einwirken. Bei einiger Stärke des Elektromagneten sind diese Oscillationen sehr lebhaft und unterscheiden sich dadurch sehr wesentlich von den äußerst langsamen Schwingungen des Stäbchens, welche eine Folge der schwachen Torsion des Seidenfadens sind; sobald man die Kette öffnet, oscillirt das Stäbchen wieder sehr langsam um seine frühere, durch den Faden bedingte Gleichgewichtsstellung.

Die Abstoßung diamagnetischer Körper durch die Magnetpole läßt sich am auffallendsten folgendermaßen zeigen. Man hänge statt des Stäbchens eine kleine Kugel von ungefähr ¾ Linie Durchmesser an den Seidenfaden, deren Substanz sehr stark diamagnetisch ist, also etwa ein Kügelchen von Wismuth. Die Eisenstücke nähert man nun so weit, daß die Spitzen nur unbedeutend mehr von einander abstehen als der Durchmesser des Kügelchens beträgt. So lange die Kette nicht geschlossen ist, kann man machen, daß das Kügelchen gerade in der Mitte zwischen den beiden Spitzen hängt, sobald man aber die Kette schließt, wird das Kügelchen seitwärts zwischen den beiden Spitzen herausgetrieben, so daß der Faden, an dem es hängt, merklich von seiner vertikalen Richtung abgelenkt ist. Beim Oeffnen der Kette fällt das Kügelchen wieder zurück.

Plücker hat viele doppeltbrechende Krystalle auf ihr Verhalten zwischen den Polen des Elektromagneten untersucht, und dabei eine sehr merkwürdige Eigenthümlichkeit der optischen Axe gefunden.

Eine Turmalinplatte, welche einer Turmalinzange entnommen, also parallel mit der Axe geschliffen war, wurde so aufgehängt, daß die Richtung der Axe mit der Richtung des Fadens zusammenfiel (es ist dies in Fig. 74 durch die Schraffirung angedeutet; die Schraffirungslinien sind der optischen Axe der Platte parallel). Die Platte stellt sich zwischen

den Polen des Elektromagneten axial; der Turmalin ist also eine magnetische Substanz (was wohl von seinem Eisengehalte herrührt). Nun wurde dieselbe Platte so aufgehängt, daß die Richtung der optischen Axe rechtwinklig zu der des Fadens war, wie dies Fig. 75 angedeutet ist; jetzt stellte sich die Platte äquatorial.

Fig. 74.

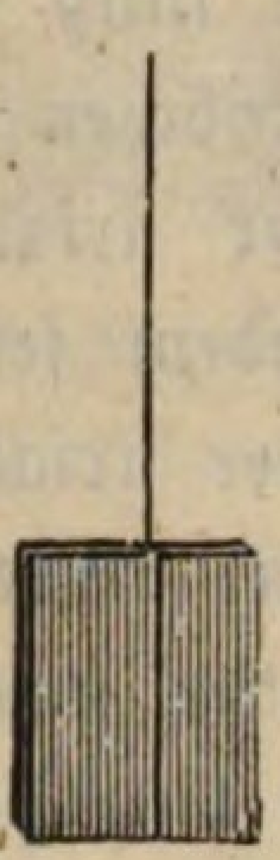
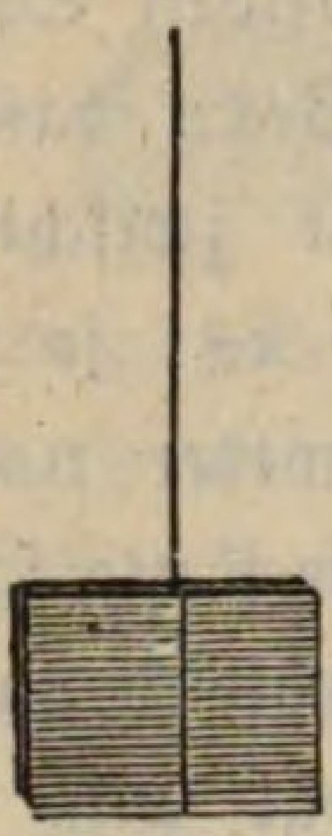


Fig. 75.



Diese Erscheinung läßt sich durch die Annahme erklären, daß die Magnetpole eine abstoßende Wirkung auf die optische Axe ausüben; bei der ersten Aufhängungsart bildet die optische Axe die Umdrehungsaxe des Krystalls, jene Abstoßung der optischen Axe kommt also hier nicht in's Spiel, die Platte wird also in Folge ihrer magnetischen Eigenschaften axial gestellt; bei der zweiten Aufhängung aber überwindet die Abstoßung der optischen Axe die magnetische Anziehung und die Platte stellt sich äquatorial.

Ganz eigenthümliche Modificationen beobachtet man, wenn man statt der Turmalinplatte einen säulenförmig krystallisirten Turmalin anwendet, dessen Längendimensionen sehr entschieden vorherrschen. Hängt man diese Säule so auf, daß die Säulenaxe (welche hier mit der optischen Axe zusammenfällt) horizontal hängt, so stellt sich die Säule axial, wenn die Polspitzen so weit genähert sind, daß die Längenaxe der Säule nur noch eben zwischen ihnen Platz hat; werden dagegen die Polspitzen mehr entfernt, so stellt sich der Krystall äquatorial.

Statt die Polspitzen zu entfernen, ist es bequemer, sie unverändert zu lassen, und den Krystall durch Drehung der Welle, an welcher der Seidenfaden befestigt ist, zu heben.

Hängt der Krystall gerade zwischen den möglichst genäherten Polspitzen, so stellt er sich axial; hebt man ihn allmälig, so nimmt die Kraft, welche ihn axial stellt, ab, und bei einer bestimmten Hebung dreht er sich um 90^0, so daß er nun die äquatoriale Stellung einnimmt.

Bei großer Nähe der Polspitzen ist also der Magnetismus der Substanz, bei größerer Entfernung von den Polspitzen ist die Abstoßung der optischen Axe überwiegend.

Versuche mit andern einaxigen Krystallen geben ähnliche Resultate, sie zeigen ebenfalls eine eigenthümliche Abstoßung der optischen Axe, welche unter Umständen die Wirkung der Magnetpole auf die übrige Masse überwiegen kann.

Die Masse des Kalkspaths z B. ist an und für sich diamagnetisch. Hält man nun eine senkrecht zur Axe geschliffene Kalkspathplatte, wie man sie braucht, um das Ringsystem zu zeigen, so auf, daß die Schnittflächen

vertikal sind, daß sich also die optische Axe des Krystalls in einer horizontalen Ebene umdrehen kann, so stellt sich die Platte bei möglichst genäherten Polspitzen äquatorial also in der Weise, daß die optische Axe des Krystalls mit den Verbindungslinien der beiden Polspitzen zusammenfällt. Hier also ist es jedenfalls der Diamagnetismus, welcher die Stellung der Platte bestimmt. Wird nun die Platte durch Umdrehung der Welle, an welcher der Faden befestigt ist, gehoben, so kommt man bald zu einer Stelle, wo sich der Krystall um 90⁰ dreht, so daß er sich axial stellt, während die optische Axe der Platte rechtwinklig zur Verbindungslinie der Polspitzen steht; in dieser letzteren Lage hat nun die abstoßende Wirkung auf die optische Axe das Uebergewicht über diejenige Wirkung, welche die Magnetpole auf die Masse des Kalkspaths, als eine diamagnetische Substanz, ausüben.

Zweiaxige Krystalle geben ähnliche Resultate, und zwar zeigt sich, daß jede optische Axe abgestoßen wird.

Fig. 76.

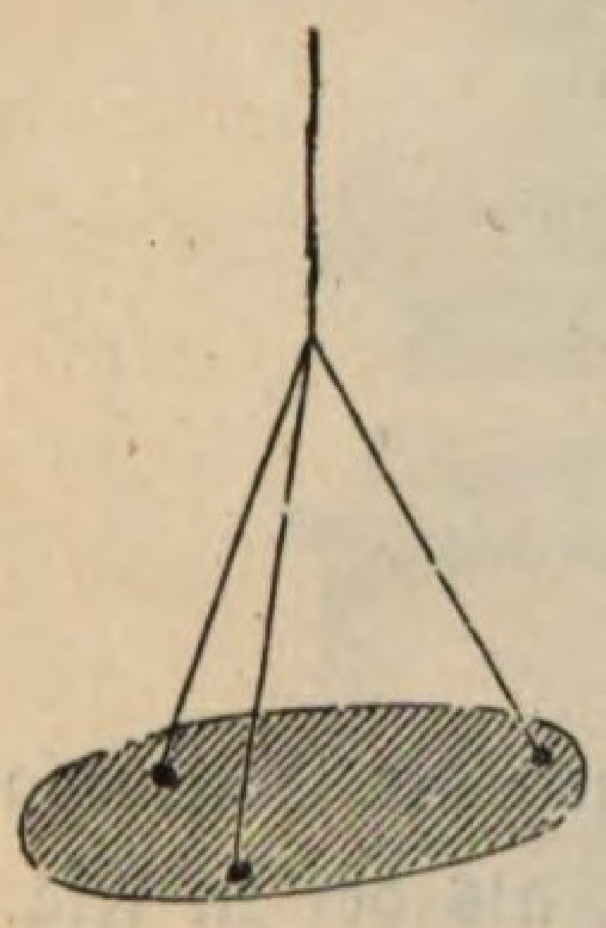
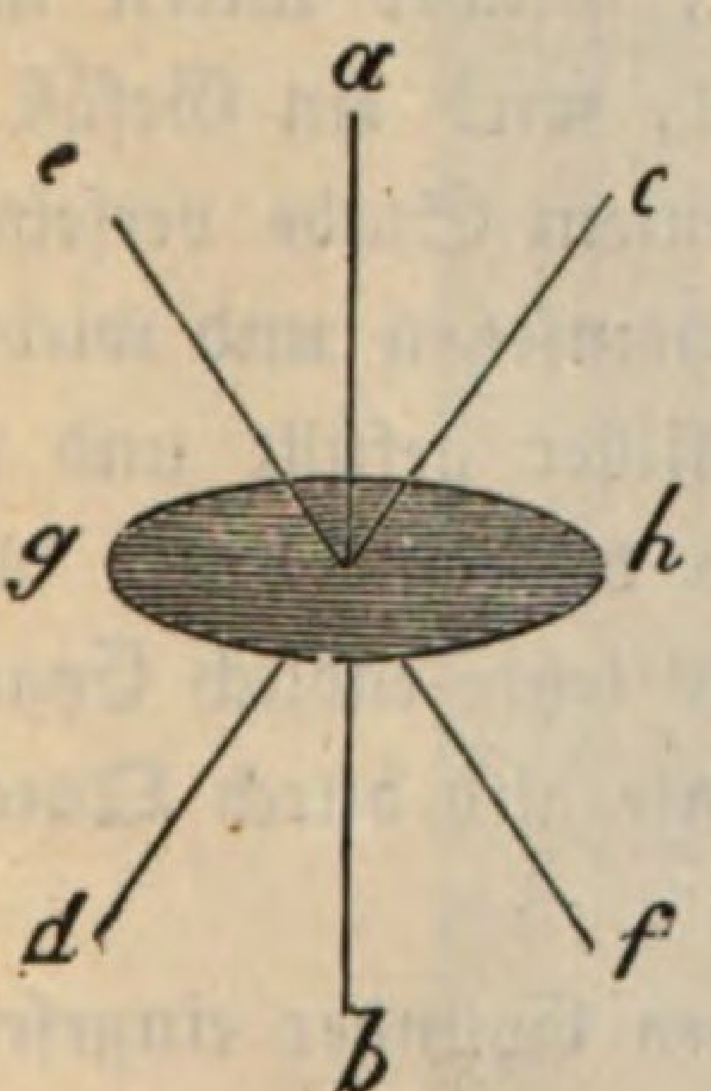


Fig. 77.



Einen entschiedenen Beweis für diese Behauptung liefert folgender, von Plücker angestellter Versuch. Eine Glimmerscheibe wurde kreisförmig geschnitten und so aufgehangen, daß ihre Ebene horizontal war, also in der Weise, wie es Fig. 76 andeutet. Mag nun der Glimmer an und für sich magnetisch oder diamagnetisch seyn, so ist deshalb kein Grund vorhanden, warum diese Scheibe irgend eine bestimmte Lage annehmen sollte, und doch stellte sich die Scheibe zwischen den Polspitzen stets so, daß die Ebene der optischen Axen rechtwinklig auf der Verbindungslinie der Polspitzen stand.

Bekanntlich liegt die optische Mittellinie des Glimmers rechtwinklig auf der Ebene der Blätter. In Fig. 77 stelle die schattirte Scheibe das kreisförmige horizontal hängende Glimmerblatt dar, so ist *ab* die Richtung der Mittellinie. Sind ferner *cd* und *ef* die optischen Axen, so ist *gh* die Linie, in welcher die Ebene der optischen Axen die Ebene des Glimmerblattes durchschneidet. Das Glimmerblatt wird nun zwischen den Polspitzen stets so gestellt, daß *gh* rechtwinkelig steht zur Verbindungslinie der Polspitzen.

Dies Resultat läßt sich nicht erklären durch eine Abstoßung der Mittellinie, sondern nur durch eine Abstoßung der beiden optischen Axen.

Andere Versuche mit zweiaxigen Krystallen gaben ähnliche Resultate.

Plücker fand ferner, daß sich Stäbchen von Holz und Kohle, Streifen aus der Rinde von Baumzweigen u. s. w. bei großer Nähe der Polspitzen äquatorial stellen, bei größerer Entfernung von den Polspitzen aber in die axiale Lage übergehen. Dies erklärt sich nun nach Plücker's Ansicht dadurch, daß diese Körper aus magnetischen und diamagnetischen Bestandtheilen bestehen, und daß die Wirkung der Pole auf die diamagnetischen Theilchen rascher mit der Entfernung abnimmt, als die Wirkung auf die magnetischen.

Durch Zusammenschmelzen von Stanniol, der wahrscheinlich wegen seines Eisengehaltes magnetisch war, mit Wismuth, der ja entschieden diamagnetisch ist, gelang es ihm, Stäbchen anzufertigen, die, wie Holz und Kohle, bei nahen Polspitzen sich äquatorial, bei entfernten Polspitzen aber axial stellten.

Von der Wärme.

Condensation der Gase.

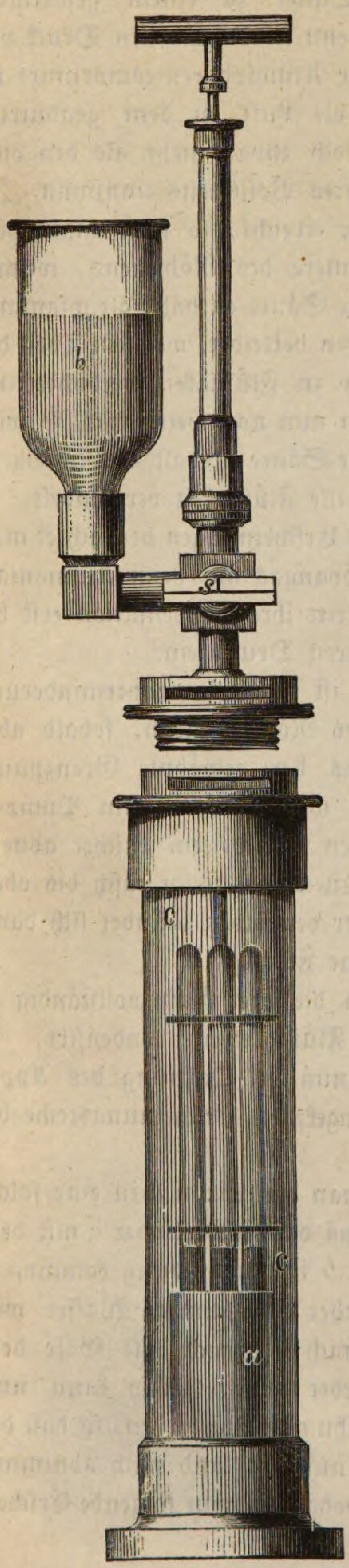
Um die Verhältnisse näher zu untersuchen, bei denen die Condensation der Gase stattfindet, ist wohl kein Apparat geeigneter, als der in Fig. 78 dargestellte, welcher, so viel ich weiß, von Magnus herrührt.

In einem Glascylinder *c* von sehr dickem Glase, welcher unten mit einem Messingfuß versehen ist, damit er sicher steht, wird ein Gefäß *a* von Eisenblech eingesetzt, welches in der Mitte mit einem Stabe versehen ist, mittelst dessen man es aus dem Glascylinder hineinsetzen und wieder herausnehmen kann. Dieses Gefäß ist mit Quecksilber gefüllt und in dieses Quecksilber tauchen vier Röhrchen, von denen das eine Luft, das zweite schweflige Säure, das dritte Ammoniakgas, das letzte endlich Cyangas enthält. Die Röhrchen sind unten offen, die Gase also durch Quecksilber abgesperrt.

Wenn dieses Gefäß mit seinen Gasröhrchen in den Cylinder eingesetzt ist, so wird er ganz mit Wasser gefüllt und in seine obere Messingfassung der Aufsatz aufgeschraubt, welchen die Figur zeigt.

Dieser Aufsatz ist mit einer Druckpumpe versehen. Der Hahn *s* ist in denselben Richtungen durchbohrt, wie es auf seinem Griffe durch Striche angedeutet ist; steht er, wie es die Figur zeigt, so ist also das Wassergefäß

Fig. 78.



b durch den Hahn *s* mit der Pumpe in Verbindung; wird nun der Kolben der kleinen Pumpe in die Höhe gezogen, so wird Wasser aus *b* in die Pumpe gesaugt.

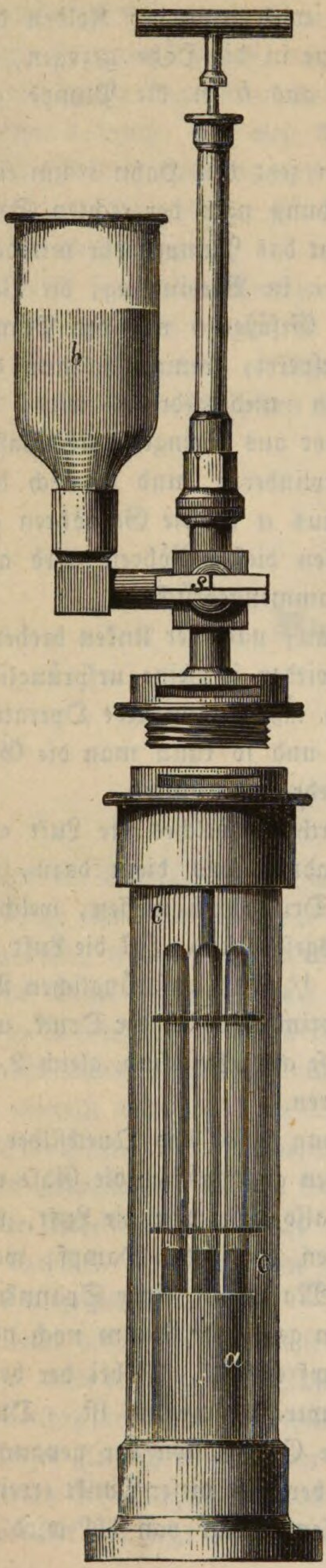
Dreht man jetzt den Hahn *s* um eine Viertelumdrehung nach der rechten Seite hin, so kommt das Pumpenrohr mit dem Glascylinder *c* in Verbindung, die Verbindung des Gefäßes *b* mit der Pumpe ist aber abgesperrt, wenn also nun der Pumpenkolben niedergedrückt wird, so wird das zuvor aus *b* eingesaugte Wasser in den Glascylinder *c*, und dadurch das Quecksilber aus *a* in die Gasröhren gepreßt, in allen diesen Röhren wird also das Gas zusammengedrückt.

Bringt man, nach der linken drehend, den Hahn wieder in seine ursprüngliche Stellung, so läßt sich dieselbe Operation wiederholen, und so kann man die Gase mehr und mehr comprimiren.

Das Röhrchen, welches die Luft enthält, ist graduirt und dient dazu, die Stärke des Druckes zu messen, welchem die Gase ausgesetzt sind. Ist die Luft bis auf $1/2$, $1/4$, $1/8$ ihres ursprünglichen Volumens comprimirt, so ist der Druck, welchem die Gase ausgesetzt sind, gleich 2, 4, 8 Atmosphären.

Im Anfang steigt das Quecksilber in allen Röhrchen gleichmäßig; die Gase verhalten sich also ganz wie die Luft, und dies Verhalten zeigt jeder Dampf, wenn er nicht im Maximum seiner Spannkraft ist, wenn ein gegebener Raum noch nicht so viel Dampf enthält, als bei der bestehenden Temperatur möglich ist. Durch fortwährende Compression der genannten Gase wird aber bald dieser Punkt erreicht. Bei einer Temperatur von 15^0 wird die

Fig. 79.



schweflige Säure zu einem gesättigten Dampf, wenn sie durch einen Druck von nahe zu vier Atmosphären comprimirt ist, wenn also die Luft in dem graduirten Röhrchen noch etwas mehr als den vierten Theil ihres Volumens einnimmt. Ist diese Gränze erreicht, so sieht man, wie sich das Innere des Röhrchens, welches die schweflige Säure enthält, gleichsam mit Thautröpfchen bekleidet, weil ein Theil des Gases schon zu Flüssigkeit verdichtet ist. Pumpt man nun noch weiter fort, so wird die schweflige Säure alsbald vollständig in eine wasserhelle Flüssigkeit verwandelt.

Dieselben Erscheinungen beobachtet man auch beim Cyangas und beim Ammoniakgas, nur tritt ihre Condensation erst bei einem stärkeren Drucke ein.

Anfangs ist die Volumenverminderung in allen vier Röhren gleich, sobald aber für ein Gas der erwähnte Grenzpunkt erreicht ist, wird bei fernerem Pumpen sein Volumen bei weitem rascher abnehmen, das Quecksilber steigt rasch bis oben hin und über demselben befindet sich dann nur noch eine Flüssigkeit.

Hat man die drei Gase vollständig zu tropfbaren Flüssigkeiten condensirt, so kann man nun bei Oeffnung des Apparates die umgekehrte Erscheinungsreihe beobachten.

Bringt man den Hahn *s* in eine solche Stellung, daß der Glascylinder *c* mit dem Wassergefäß *b* in Verbindung kommt, so tritt das vorher eingepumpte Wasser wieder aus *c* nach *b* zurück, die Gase dehnen sich wieder aus. Man kann nun aber den Hahn allmälig drehen, so daß der Druck in *c* nur nach und nach abnimmt, und dabei beobachtet man folgende Erscheinungen:

Anfangs dehnt sich nur die Luft aus; in den anderen Röhren sinkt das Quecksilber noch nicht, bis der Punkt erreicht ist, wo die Spannkraft der Dämpfe dem Druck das Gleichgewicht halten kann; in diesem Moment bilden sich aus der Flüssigkeit Dämpfe, die das Quecksilber des entsprechenden Röhrchens nun so rasch niederdrücken, daß es alsbald den Stand des Quecksilbers in der Luftröhre erreicht hat. Dies findet natürlich zuerst beim Ammoniak Statt. Schließt man den Hahn in dem Augenblicke wieder, wo sich die Ammoniakdämpfe gebildet und das Quecksilber niedergedrückt haben, so steht nun in der Luft= und in der Ammoniakröhre das Quecksilber gleich hoch, in den beiden anderen Röhren aber hat sich noch gar kein Gas aus der Flüssigkeit entwickelt. Läßt der Druck ferner nach, so wird sich zunächst aus dem flüssigen Cyangas, zuletzt aber aus der flüssigen schwefligen Säure wieder Gas bilden, und das Quecksilber alsbald so weit niederdrücken, daß es gleiche Höhe mit dem in der Luftröhre hat.

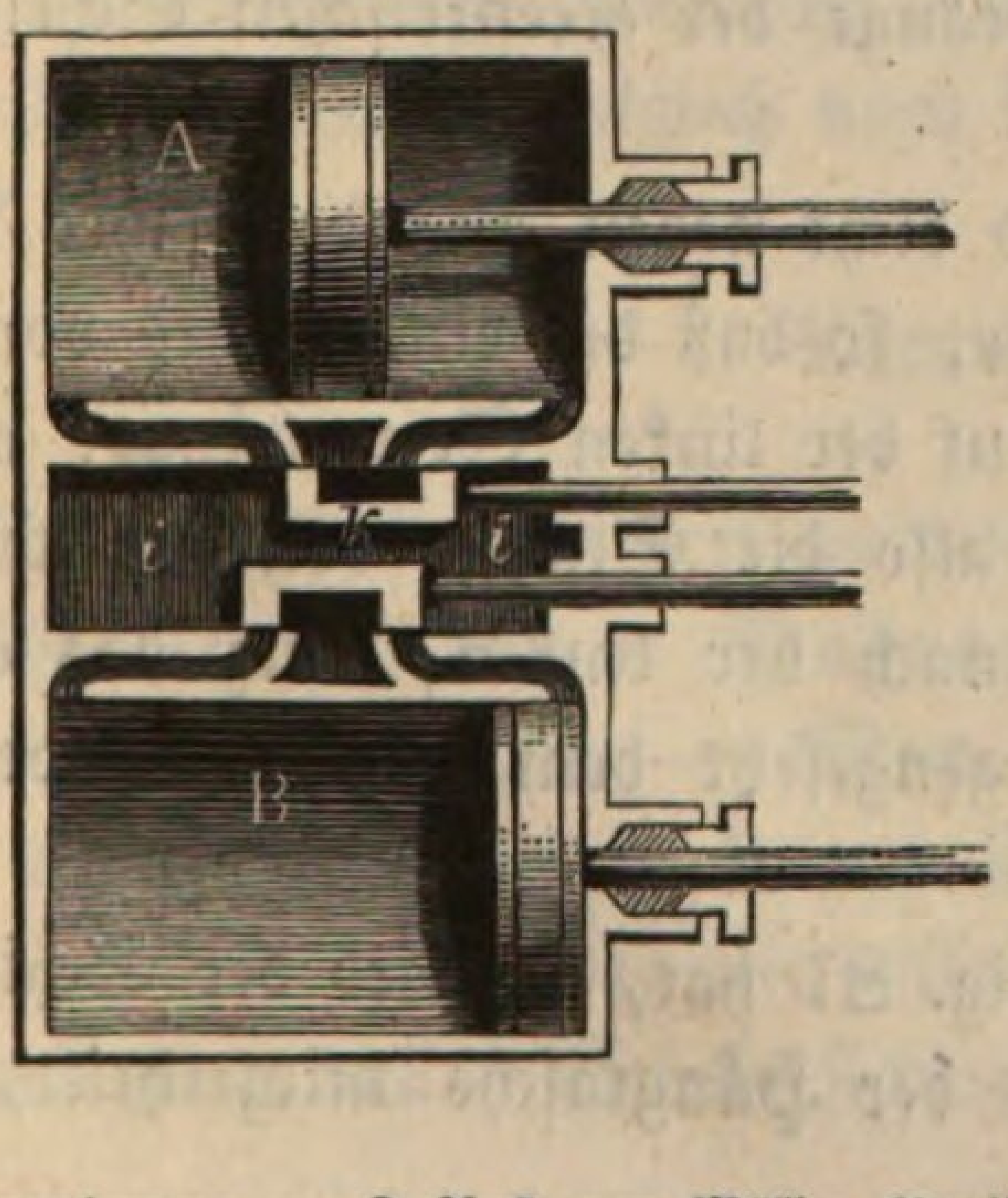
Das rasche Sinken des Quecksilbers rührt aber daher, daß wenn einmal der Druck so weit abgenommen hat, daß er der Spannkraft der bei dieser Temperatur aus der Flüssigkeit sich bildenden Dämpfe gleich ist, nun auf einmal alle Flüssigkeit in die Gasform übergeht und das Quecksilber sehr rasch niederdrückt.

Schiebersteuerung an Locomotiven.

Der Beschreibung der Locomotive auf Seite 393 ist noch beizufügen: Die Schiebersteuerung ist bei den neueren Locomotiven anders eingerichtet, als es in Fig. 340 gezeichnet ist, weshalb auch statt dieser älteren Einrichtung die jetzige, zu deren Erläuterung Fig. 81 und Fig. 82 auf folgender Seite dienen, näher beschrieben werden soll.

Die Schieber sind bei den neueren Locomotiven nicht über, sondern neben den Cylindern angebracht, wie man dies in Fig. 80 sieht. *i* ist ein Raum in der Mitte zwischen den beiden Cylindern, und in diesen Raum tritt zunächst der Dampf ein. An der rechten und linken Seitenwand dieses Raumes bewegen sich die Vertheilungsschieber, welche zu den beiden Cylindern gehören.

Fig. 80.



In dem Cylinder *A* ist der Kolben gerade in der Mitte seines Weges, der Schieber *k* steht so, daß der Dampf auf der linken Seite in den Cylinder eintritt, also den Kolben nach der rechten Seite hintreibt. Dieselbe Stellung

des Schiebers ist auch durch Fig. 81 dargestellt, in welcher man den Schieber *k* seiner ganzen Breite nach sieht, wie er von *B* aus erscheint. Links von *k* erscheint die Oeffnung, durch welche der Dampf auf der linken Seite in den Cylinder eintritt, als eine dunkle Spalte.

Der Schieber ist an einer Stange befestigt, deren anderes Ende zwischen zwei concentrischen eisernen Bogen *h* gefaßt ist, welche den Namen der Hängtasche führen.

Fig. 81.

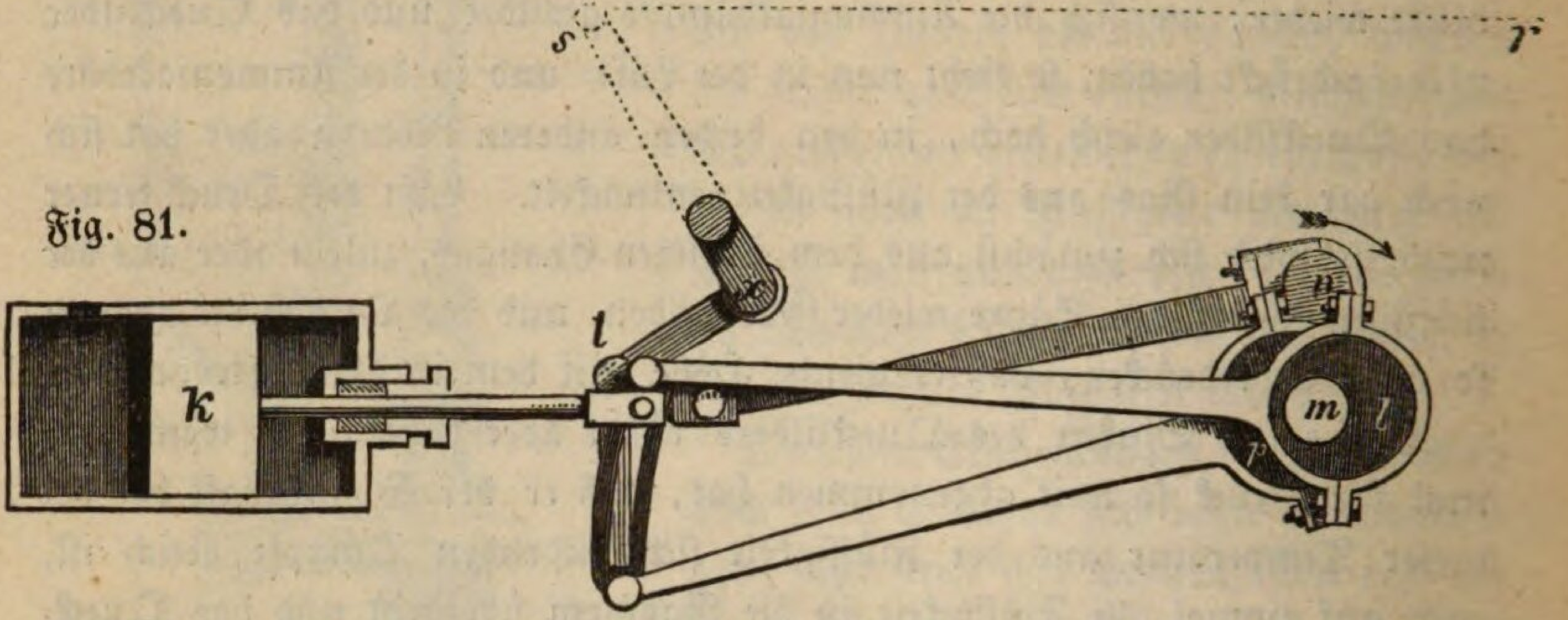
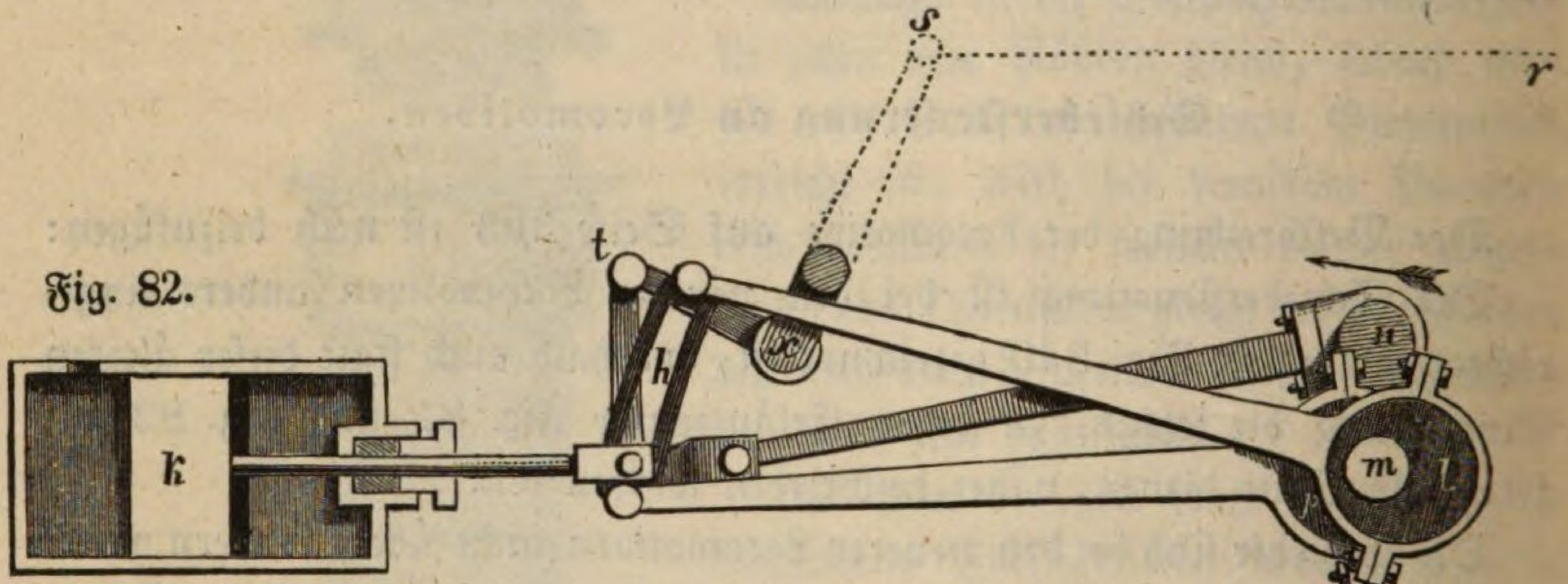


Fig. 82.



Am oberen Ende der Hängtasche ist die Stange der excentrischen Scheibe *l*, am unteren Ende derselben ist die Stange der excentrischen Scheibe *p* befestigt.

Die beiden excentrischen Scheiben sind dicht neben einander, ihre Mittelpunkte aber stehen diametral gegenüber, so daß der eine rechts von der Hauptaxe *m* hängt, wenn der andere auf der linken Seite hängt; wenn *p* oben ist, ist *l* unten u. s. w., wenn also die Stange von *l* nach der rechten Seite geht, so geht die von *p* nach der linken, kurz das obere Ende der Hängtasche wird immer entgegengesetzt dem unteren Ende bewegt.

Wenn die Hängtasche die Stellung Fig. 81 hat, so wird der Schieberstange die Bewegung des oberen Endes der Hängtasche mitgetheilt, der

Schieber wird also durch die excentrische Scheibe *l* geführt; wird aber die Hängtasche in die Höhe gezogen, so daß sie die Stellung Fig. 82 bekommt, so wird dadurch die Führung des Schiebers der excentrischen Scheibe *p* übertragen, und dadurch die Richtung, nach welcher sich die Räder drehen, umgekehrt.

Betrachten wir näher, wie es zusammenhängt, daß durch Aufziehen der Hängtasche die Richtung, in welcher sich die Räder drehen, umgekehrt wird.

In Fig. 81 sowohl als in Fig. 82 steht die Kurbel *n* gerade nach Oben, der Kolben steht also gerade in der Mitte des Cylinders.

Die excentrische Scheibe *l* hat gerade ihre äußerste Stellung auf der rechten Seite, und da bei der Stellung der Hängtasche, wie sie Fig. 81 dargestellt ist, die Führung des Schiebers durch *l* geschieht, so hat auch der Schieber die äußerste Stellung rechts, folglich ist der links in den Cylinder führende Kanal frei, der Dampf tritt auf der linken Seite in den Cylinder ein, der Kolben wird nach der Rechten getrieben, die Kurbel bewegt sich also in der Richtung des Pfeils Fig. 81.

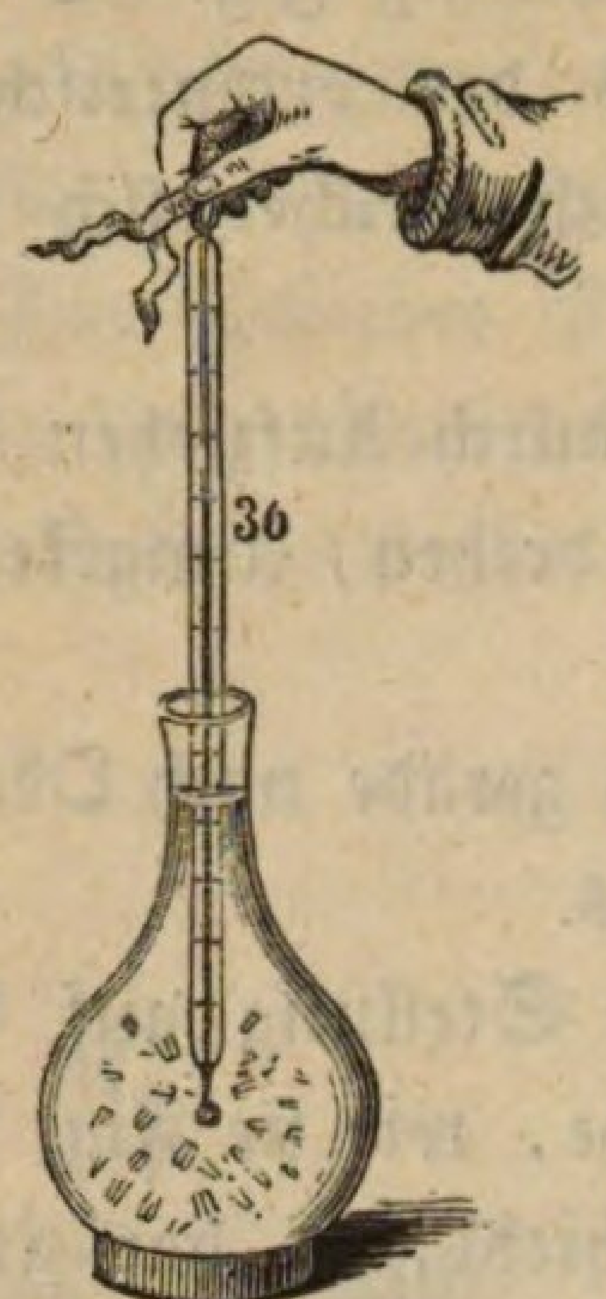
Wird nun bei unveränderter Stellung des Kolbens und der Kurbel die Hängtasche in die Höhe gezogen, so ist nun die Stellung des Schiebers *k* durch die excentrische Scheibe *p* bedingt, da aber *p* seine äußerste Stellung links hat, so wird durch Aufziehen der Hängtasche der Schieber nach der linken geschoben, so daß, wie man in Fig. 82 sieht, der nach der rechten Seite in den Cylinder führende Kanal frei wird, der Dampf strömt jetzt auf der rechten Seite in den Cylinder, treibt den Kolben nach der linken, die Kurbel wird also jetzt in der Richtung des Pfeils Fig. 82 gedreht, welche der Drehungsrichtung von Fig. 81 entgegengesetzt ist.

Die Hängtasche hängt an den Winkelhebel *sxt*, dessen Drehpunkt bei *x* ist; wird dieser Winkelhebel durch Ziehen an der Stange *rs* aus der Stellung Fig. 81 in die Fig. 82 gebracht, so wird dadurch die Hängtasche gehoben; vermittelst des Winkelhebels *sxt* kann man also die Führung des Schiebers nach Belieben der einen oder der anderen excentrischen Scheibe übertragen, folglich nach Belieben die Bewegung umsetzen.

Latente Wärme.

Die beim Erstarren frei werdende Wärme läßt sich sehr schön mit unterschwefligsaurem Natron in folgender, von Böttger angegebener Weise zeigen. — Man füllt ein Glaskölbchen, Fig. 83, welches ungefähr 6 bis 7 Unzen Wasser fassen kann und welches einen etwas weiten Hals hat, mit gestoßenem krystallisirten unterschwefligsauren Natron ganz voll. Bei vorsichtigem Erhitzen schmilzt das Salz bei einer

Fig. 83.



Temperatur von 45° R. in seinem Krystallwasser, und bei fortgesetztem Erwärmen bringt man das geschmolzene Salz endlich zum Sieden. Ist dies erreicht, so verschließt man das Kölbchen rasch mit einem guten Kork und stellt es behufs der langsamen Abkühlung auf einen schlechten Wärmeleiter. Nach 1 bis 2 Stunden ist das Kölbchen sammt seinem Inhalt bis auf die Temperatur der umgebenden Luft erkaltet, ohne daß ein Erstarren des Salzes erfolgt, wenn man das Kölbchen vor Erschütterungen geschützt hat; wenn man aber nun den Kork vorsichtig wegnimmt und die Kugel eines Thermometers bis unter den Spiegel der Flüssigkeit eintaucht, so geht die Krystallisation durch die ganze Masse auf einmal vor sich und dabei steigt das Thermometer um 18 bis 20 Grad.

Dasselbe Kölbchen mit geschmolzenem unterschwefligsauren Natron läßt sich immer wieder zu demselben Versuche anwenden.

Bayerische Staatsbibliothek München

Im Verlage von **Friedrich Vieweg und Sohn** in Braunschweig ist erschienen:

Die Schule der Chemie,

oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. Zum Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende ꝛc. Von Dr. J. A. **Stöckhardt**, Professor an der Königl. Akademie für Forst- und Landwirthe zu Tharand und Königl. Sächsischer Apothekenrevisor.

Dritte verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten. 8. geh. Velinpap. Preis 2 Thlr.

> »Experimente, Figuren, Exempel müssen beim Unterrichte den Text bilden, in dessen Interpretation der Schüler zur eignen Gewandtheit und Fertigkeit gelangen soll. Liebig.«

Was für den geographischen Unterricht die Landkarten, für den geometrischen die Figuren, für den botanischen die lebenden Pflanzen sind, das sind für den Unterricht in der Chemie die **Experimente**. Die Thatsachen, welche die Chemie ausmachen, beruhen auf Erscheinungen, die wir durch die Experimente hervorrufen; es ist daher unerläßlich, dem Anfänger vorher diese Erscheinungen zu zeigen, ehe er sich eine deutliche Vorstellung davon machen kann, was die Worte: chemische Processe, chemische Verwandtschaft, Sauerstoff, Wasserstoff ꝛc. bedeuten. Zu einer noch klareren und sicheren Erkenntniß wird er aber dann gelangen, wenn er sich in den Stand gesetzt sieht, **selbst chemische Versuche anzustellen**. Hierzu Anleitung zu geben, neben der theoretischen Entwickelung der Wissenschaft, ist der Zweck des Werkchens, bei dessen Ausarbeitung folgende Gesichtspunkte festgehalten wurden:

1) Das Experiment ist immer in den **Vordergrund** gestellt worden, damit dem Schüler die Gelegenheit zum Selbstbeobachten, Selbsturtheilen und Selbsterfinden nicht entzogen werde, damit er vielmehr sich angespornt fühle, durch eigne geistige Selbstthätigkeit von der Anschauung zum Begriff, vom Begriff zur Idee fortzuschreiten.

2) Die Versuche sind so ausgewählt und zusammengestellt worden, daß der Anfänger durch sie **stufenweise** von den einfacheren Erscheinungen zu den zusammengesetzteren, von den bekannten zu den minder bekannten geführt wird.

3) Der zur Anstellung der angegebenen Versuche erforderliche chemische Apparat ist so **vereinfacht** worden, daß seine Anschaffungskosten nur die Höhe von einigen Thalern erreichen. Ein specielles Verzeichniß der einzelnen hierzu nöthigen Geräthschaften, nebst Angabe der Bezugsquellen und Preise, ist am Schlusse beigegeben.

4) In Bezug auf die Form der Darstellung ist das Hauptbestreben des Verfassers dahingegangen, so einfach und faßlich zu schreiben, daß das Büchlein auch ohne Beihülfe eines Lehrers verstanden und benutzt werden könne. Zahlreiche Abbildungen in Holzstich werden diese Aufgabe vermitteln und erleichtern. Neben dem Unterrichte an Lehranstalten ist es zunächst **dem Selbststudium jüngerer Pharmaceuten, Landwirthe, Gewerbtreibenden, Forst-, Berg- und Hüttenmänner bestimmt.**

Die **dritte Auflage** dieses Werkes ist binnen Jahresfrist nach Vollendung der ersten nöthig geworden; diese große Anerkennung des Publikums mag die beste Empfehlung sein.

Grundriß der Physiologie des Menschen.

Für das erste Studium und zur Selbstbelehrung. Von Dr. G. **Valentin**, ordentl. Professor der Physiologie und vergleichenden Anatomie an der Universität Bern. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten. In einem Bande. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis: $2\frac{1}{3}$ Thlr.

Zweite unveränderte Auflage.

Valentin's »Grundriß« soll die Physiologie so weit vertreten, als es das erste Bedürfniß der Studirenden an Universitäten und medicinisch-chirurgischen Lehranstalten, der Aerzte, welche einen gedrängten Ueberblick der Physiologie nach ihrem heutigen Standpunkte verlangen, und der gebildeten Layen, welche sich über die Thätigkeiten unseres Organismus belehren wollen, erheischt. Die letztere Tendenz erschien dem Herrn Verfasser als ein wesentliches Moment, da das Bedürfniß, sich in übersichtlicher Weise mit den Lehren der Physiologie des Menschen bekannt zu machen, sowohl von Layen, als auch Männern der Wissenschaft, die nicht Mediciner sind, Chemiker, Physiker, Juristen, Pharmaceuten u. A., lebhaft gefühlt wird. Der Verfasser hat die schwierige Aufgabe übernommen, bei strenger Wissenschaftlichkeit leicht verständlich zu bleiben und das rechte Maaß des für den ausgesprochenen Zweck zu Gebenden einzuhalten. Für jedes tiefere Studium der Physiologie muß auf umfassendere Werke, namentlich des Verfassers Lehrbuch der Physiologie des Menschen in zwei Bänden, verwiesen werden. Eine große Anzahl in den Text eingedruckter trefflich ausgeführter

Im Verlage von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig ist erschienen:

Grundriß der Physik und Meteorologie.

Für Lyceen, Gymnasien, Gewerbe- und Realschulen, so wie zum Selbstunterrichte, von Dr. Joh. Müller, Professor der Physik und Technologie an der Universität zu Freiburg im Breisgau. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8. Fein Velinpap. geh. 2 Thlr.

Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik hat in drei sich rasch folgenden Auflagen, für den Unterricht auf höheren Lehranstalten und für das tiefere Selbststudium, so ungetheilten Beifall, so weite Verbreitung gefunden, daß der Herr Verfasser von vielen Seiten angegangen wurde, einen kürzern Grundriß für den Gebrauch an Lyceen, Gymnasien, Gewerbe- und Realschulen, wie auch für den ersten Selbstunterricht, folgen zu lassen; dieser wird hiermit dem Publikum übergeben.

Bei der Bearbeitung ist der Verfasser dem Gange seines großen Lehrbuchs gefolgt und hat einen bedeutenden Theil der trefflichen Abbildungen desselben in den Grundriß hinübergenommen. Er ging von der Ansicht aus, daß die Grundgesetze der Wissenschaft auch in den Schulanstalten gründlich und klar vorgetragen werden müssen, daß ihre zu große Abkürzung in der Darstellung nur nachtheilig wirken kann, wogegen dieser Unterricht nicht mit zu vielen Einzelnheiten und Entwickelungen überladen werden dürfe.

Wir empfehlen das Werk den Schulbehörden und Allen denen, welchen ein kurzer Ueberblick der Physik von Wichtigkeit ist; für ein tieferes mehr ins Einzelne gehendes Selbststudium muß auf das größere Lehrbuch verwiesen werden; aber der Grundriß wird auch in dieser Hinsicht jüngeren Pharmaceuten, Forstmännern, Landwirthen, Gewerbetreibenden &c. genügen.

Grundzüge der Krystallographie.

Von Dr. Joh. Müller, Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau. Mit 123 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8°. geh. Satin. Velinpap. 12 Ggr.

Die Kenntniß der Krystallographie ist bei dem jetzigen Standpunkte der Wissenschaft dem Chemiker so unentbehrlich, als sie es dem Mineralogen ist. Ihr Verständniß zu erleichtern, sie einem größeren Kreise, namentlich den Chemikern, zugängiger zu machen, ist die Aufgabe dieses Werkchens, durch welches der Verfasser möglichste Klarheit in der Wissenschaft zu vermitteln bemüht gewesen ist.

Das Buch der Natur,

die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den Gymnasien, Real- und höheren Bürgerschulen gewidmet von Dr. Friedrich Schoedler, Lehrer der Naturwissenschaften am Gymnasium zu Worms, früher Assistenten am chemischen Laboratorium zu Gießen. Mit 350 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten und einer geognostischen Tafel. Ein starker Band in groß Median, auf feinem satinirten Velinpapier, geheftet. Preis 1 Thlr. 12 Ggr.

Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Die Naturwissenschaften sind in unserer Zeit ein wesentliches, ein unentbehrliches Element der Bildung geworden. Deswegen darf der naturwissenschaftliche Unterricht in keiner unserer Lehranstalten fehlen, gleichgültig, welchen Namen sie tragen.

Eben so wird jeder Gebildete das entschiedene Bedürfniß fühlen, durch Selbstbelehrung eine Uebersicht auf dem Gebiete der Naturwissenschaften zu gewinnen, die früher zu erwerben ihm vielleicht nicht vergönnt war.

Als wesentliches Hülfsmittel hierfür ist ein Lehrbuch anzusehen, wie es nach dem Bestreben des Verfassers das Buch der Natur sein soll. Dieses giebt eine Gesammtdarstellung aller Zweige der Naturwissenschaft, von streng wissenschaftlicher Grundlage ausgehend, jedoch möglichste Einfachheit und Klarheit im Vortrage erstrebend, und für den Zweck zu weit gehende Einzelheiten vermeidend. Die Bearbeitung durch einen Verfasser erlaubt eine gegenseitige Ergänzung und Erläuterung der einzelnen Zweige und bietet dadurch den Vortheil zweckmäßiger Concentration und eines sehr billigen Preises (1½ Thlr.). Eine große Anzahl schöner Abbildungen wird das Verständniß ungemein erleichtern.

Die jetzt erschienene dritte Auflage dieses Werkes mag die rasche Verbreitung desselben bezeugen. Es ist in der That ein Buch für Jedermann, der gebildet genug ist, um das Bedürfniß zu fühlen, eine Einsicht in das hehre Gebiet der Naturwissenschaften zu erlangen, abgesehen davon, daß es ein Schulbuch bester Art ist.

[illegible]

Grundzüge der Krystallographie.

[illegible] Mit 134 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8°. geh. [illegible]

[illegible]

Das Buch der Natur,

die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den [illegible] von Dr. Friedrich Schoedler, [illegible] Mit 350 in den Text eingedruckten Holzschnitten, [illegible] Preis 1 Thlr. 12 Sgr.

[illegible] umgearbeitete und vermehrte Auflage.

[illegible]

[illegible]

Grundzüge der Krystallographie.

Von Dr. Joh. Müller, Professor der Physik an der Universität zu Freiburg im Breisgau. Mit 123 in den Text eingedruckten Holzschnitten. gr. 8°. geh. [illegible] 12 Sgr.

Die Kenntniß der Krystallographie ist [illegible] Chemiker [illegible] Mineralogen ist. [illegible]

Das Buch der Natur,

die Lehren der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Physiologie, Botanik und Zoologie umfassend. [illegible] von Dr. Friedrich Schoedler, Lehrer der Naturwissenschaften am Gymnasium zu Worms, früher Assistenten am chemischen Laboratorium zu Gießen. Mit 250 in den Text eingedruckten Holzschnitten, Sternkarten und einer astronomischen Tafel. [illegible] Preis 1 Thlr. 12 Sgr.

Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage.

[illegible] Buch der Natur [illegible] dritte [illegible]

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Müller, Johannes

Supplemente zur zweiten Auflage von Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik und Meteorologie Mit zahlreichen in d. Text eingedr. Holzschnitten

Braunschweig 1848

Phys.g. 627 h
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132400-9